

# COMPILACIÓN

## DE ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Red Académica Internacional UADY, UAM-A, WPI, TAMU e invitados

# administración y tecnología

## para arquitectura, diseño e ingeniería

2014

Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Azcapotzalco

División de Ciencias y Artes  
para el Diseño

Departamento de Procesos y  
Técnicas de Realización

Área de Administración y  
Tecnología para el Diseño



# COMPILACIÓN

## DE ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

De la Red Académica Internacional Diseño y Construcción

# **administración y tecnología** **para arquitectura, diseño e ingeniería**

2014

Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Azcapotzalco

División de Ciencias y  
Artes para el Diseño

Departamento de Procesos y  
Técnicas de Realización

Área de Administración y  
Tecnología para el Diseño

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA**

**RECTOR GENERAL**

Dr. Salvador Vega y León

**SECRETARIO GENERAL**

Mtro. Norberto Manjarrez Álvarez

**UNIDAD AZCAPOTZALCO**

**RECTOR**

Dr. Romualdo López Zárate

**SECRETARIO**

Mtro. Abelardo González Aragón

**DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES  
PARA EL DISEÑO**

**DIRECTOR**

Dr. Aníbal Figueroa Castrejón

**SECRETARIO ACADÉMICO**

Mtro. Héctor Valerdi Madrigal

**DEPARTAMENTO DE PROCESOS  
Y TÉCNICAS DE REALIZACIÓN**

**JEFE DEPARTAMENTAL**

Mtro. Ernesto Noriega Estrada

**ÁREA DE ADMINISTRACIÓN Y  
TECNOLOGÍA PARA EL DISEÑO**

**JEFE DE ÁREA**

Dr. Jorge Rodríguez Martínez

**COORDINADOR DE LA PUBLICACIÓN**

Arq. Alberto Ramírez Alférez

**DISEÑO Y FORMACIÓN EDITORIAL**

Arq. Alberto Ramírez Alférez

D.I. Fernanda Virginia Lara Vergara

**CORRECCIÓN DE ESTILO**

D.I. Fernanda Virginia Lara Vergara

**PORTADA**

D.I. Fernanda Virginia Lara Vergara

**COMPILACIÓN DE ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN.**

Año 4, Número 4, es una publicación anual editada por la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias y Artes para el Diseño, Departamento de Procesos y Técnicas de Realización, Área de Investigación Administración y Tecnología para el Diseño.

Edificio H Planta Baja, Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Del. Azcapotzalco, México D.F., C.P. 02200.

Teléfono: 5318-9482

Página web:

<https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx>

Editor responsable: Arq. Alberto Ramírez Alférez.

Reserva de Derechos al uso exclusivo del Título No. 04-2011-112310421200-102, ISSN No. 2007-7564, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido No. 15941, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación.

Impreso por la Sección de Impresión y Reproducción de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Del. Azcapotzalco, México D.F., C.P. 02200. Teléfono conmutador: 5318-9000.

Este ejemplar se terminó de imprimir el 15 de Diciembre de 2014 con un tiraje de 100 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación, por lo que los artículos presentados son responsabilidad del autor.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana

# CONTENIDO

- 9            **PRÓLOGO**  
Arq. Alberto Ramírez Alférez
- PROGRAMA DE COLABORACIÓN DE LA RED ACADÉMICA**
- 21           **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE MODELOS BIM  
APROVECHABLES EN DISTINTOS USOS DE LA ETAPA DE EJECUCIÓN DE  
PROYECTOS DE EDIFICACIÓN**  
Mtra. Selene Aimeé Audevez Pérez  
Mtro. Romel Gilberto Solís Carcaño  
Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé
- 39           **DISEÑO, DESARROLLO Y USO DE UN GESTOR PARA LA PERSISTENCIA DE LOS  
CONOCIMIENTOS DE BIM**  
Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé  
Mtro. Romel Gilberto Solís Carcaño  
Dr. Julio Rodrigo Baeza Pereyra
- 51           **LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS BIM EN LAS ASIGNATURAS DE  
CONSTRUCCIÓN DE LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA CIVIL**  
Mtro. Gilberto A. Corona Suárez  
Mtro. Romel Gilberto Solís Carcaño  
Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez
- 69           **BIM PARA LA UAM**  
Arq. César Jorge Carpio Utrilla
- 83           **ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE ACTIVOS FÍSICOS EN EDIFICIOS DE OFICINAS**  
Mtro. Baruch Ángel Martínez  
Dra. Aurora Minna Poó Rubio
- 99           **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA  
PARALA UADY UTILIZANDO TECNOLOGÍAS SIG Y BIM**  
Arq. Pamela Leticia Alcalá Certz  
Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez  
Mtro. José Antonio González Fajardo  
Dr. José Humberto Loría Arcila
- 117          **LA NORMA INTERNACIONAL ISO 21500 Y SU INTERRELACION CON LA GESTION  
DE PROYECTOS BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)**  
Arq. Felipe Choclán Gámez  
Dr. Manuel. Soler Severino

## **ADMINISTRACIÓN Y TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

- 129      **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN**  
Arq. Elsa América Baas Cruz  
Mtro. José Antonio González Fajardo  
Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez  
Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé
- 151      **DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DEL AUSENTISMO DE LA MANO DE OBRA SOBRE EL TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA**  
Ing. Carlos Arturo Osorio Sandoval  
Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé
- 171      **ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA**  
Mtro. Luis Rocha Chiu  
Dr. Víctor Jiménez Argüelles  
Mtro. Oscar Monter Espinosa
- 197      **CONSIDERACIONES PARA EL RENDIMIENTO DE LA MAQUINARIA EN EL TÚNEL EMISOR ORIENTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO**  
Dr. Víctor Jiménez Argüelles  
Mtro. Luis Rocha Chiu  
Mtra. Imelda Loera Espinoza
- 213      **LA MEDICIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN EMPRESAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN: UN ELEMENTO DE INNOVACIÓN**  
Mtra. Silvia Narváez Contreras
- APLICACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN Y TECNOLOGÍA PARA EL DISEÑO EN LA EDUCACIÓN**
- 231      **INVESTIGACIÓN DE TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS Y CARACTERÍSTICAS SUSTENTABLES APLICABLES A COMPLEJO DE VIVIENDA PARA PRE-COOPERATIVA EN SAN LUIS LA HERRADURA, DEPARTAMENTO DE LA PAZ, EL SALVADOR**  
Carlos Gómez  
Sergio Guerra  
Guillermo Magaña
- 247      **ADMINISTRANDO LA PRODUCCIÓN ARQUITECTÓNICA CON LA NUEVA HERRAMIENTA BIM. JUSTIFICACIÓN DE UNA UEA OPTATIVA PARA LA LICENCIATURA EN ARQUITECTURA EN LA UAM AZCAPOTZALCO**  
Arq. Tomás Enrique Sosa Pedroza  
Mtra. Carolina Sue Andrade Díaz

**263**            **LA APLICACIÓN DE BIM EN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y ESTRUCTURALES. CASO DE ESTUDIO: LA FORMACIÓN DEL ARQUITECTO CON UN ENFOQUE HACIA LA EMPRESA**  
Dra. Rosa Elena Álvarez Martínez  
Mtra. Carolina Sue Andrade Díaz  
Mtra. María Teresa Bernal Arcineaga  
Mtro. Carlos Angúlo Álvarez

**PROPIEDAD INTELECTUAL Y DISEÑO EN MÉXICO**

**283**            **COMO INCREMENTAR LAS PATENTES EN MÉXICO (Y LA COMPETITIVIDAD DEL PAÍS)**  
Mtro. Alejandro Cervantes Abarca  
Arq, Alberto Ramírez Alférez

**DISEÑO INDUSTRIAL**

**299**            **LAS FUNCIONES EN LAS MERCANCÍAS DE CONSUMO**  
Dr. Luciano Segurajáuregui Álvarez

**311**            **INTEGRACIÓN DE RESTRICCIONES TÉCNICAS Y ECONÓMICAS EN LAS PRIMERAS ETAPAS DEL DISEÑO DE PRODUCTOS SUSTENTABLES**  
Dr. Miguel Ángel López Ontiveros  
Ing. Jesús Loyo Quijada





**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

# **Prólogo**

**Arq. Alberto Ramírez Alférez  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**



# Prólogo.

**Arq. Alberto Ramírez Alférez**  
ara@correo.azc.uam.mx  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Cuando se habla de BIM *Building Information Modeling* en la Arquitectura suena algo desconocido para algunos, sin embargo para otros es un tema de uso cotidiano; en nuestra red académica nos hemos dado a la tarea de investigar a fondo en que consiste dicha metodología, primero trataré de describir en una forma muy personal que es, o en que consiste BIM.

BIM es una metodología de trabajo en la cual se hace la planeación de la integración de todas las fases de la obra, apoyándose en los diferentes programas computacionales y software existentes para dichas tareas, y con la vinculación entre ellos se logra reducir el trabajo y aumentar la calidad. Esa integración de los programas permite que cuando se modifica el proyecto en alguna fase de la obra, en automático se modifica en todas las otras fases de la misma con lo cual se ahorra trabajo en horas-hombre y por lo tanto tiempo y recursos económicos.

El retraso que se presenta en la ejecución de las obras, en la mayoría de los casos es debido a los cambios que se realizan al proyecto, bien sea por condiciones inesperadas en el sitio de la obra, o simplemente a capricho de los contratantes, con lo cual, se afecta directamente los tiempos planeados de la obra afectando la productividad y la calidad de producto, con lo que los costos se incrementan, poco o mucho, pero sí significativamente. Este problema de alguna manera se ha venido resolviendo de acuerdo a la capacidad de respuesta y experiencia que tiene cada empresa constructora, sin embargo mediante el apoyo de la tecnología, la velocidad y capacidad que presentan los equipos de cómputo y el conocimiento del manejo del BIM esto facilitará la tarea y el tiempo de ejecución de los trabajos.

Con esta descripción podría decirse que BIM es muy semejante a la forma de trabajar de algunas constructoras importantes y con conocimiento de "La planeación y ejecución de la obra" que aunque sea en una forma no integradora ya lo venían o vienen trabajando. Pero el mundo está en movimiento y quien se queda estático se vuelve obsoleto, y así vemos que en países avanzados como Inglaterra, su gobierno se ha dado a la tarea de implementarlo en toda la obra pública que se licite. En estas convocatorias de obra pública los interesados a participar tendrán que presentar en sus propuestas al concurso la metodología BIM.

Pero no solo porque al trabajar con BIM se trabajara de una manera más eficiente, sino que también auxiliara en la vigilancia del buen uso de los recursos económicos y en la transparencia de las obras. No solo cumpliendo a nivel interno sino también a nivel externo sobre todo cuando existen aportaciones por los organismos internacionales para la realización de obras.

Es obvio que esta metodología no es mágica, y hará por si misma el trabajo; se requiere conocer la metodología que hasta hoy existe para llevar a cabo la “planeación y ejecución de las obras”, además la experiencia necesaria en procedimientos de construcción rendimientos de mano de obra para los diferentes conceptos de la obra, controles en todos sus tipos, supervisión y vigilancia de la obra y algo que debe existir siempre; **la calidad de la obra.**

BIM no solo nos ahorrará tiempo y dinero en la planeación y ejecución de las obras, sino va más allá, nos facilitara el trabajo durante todo el ciclo de vida del edificio.

Uno de los objetivos de la red es conformar e implantar una maestría en BIM sin embargo bien se podría empezar por implantar alguna UEA “unidad de enseñanza aprendizaje” en la licenciatura, y una especialidad en el posgrado.

Otro objetivo es ampliar la red por lo que se está trabajando en ese rubro y por lo pronto contamos con el artículo del Maestro y muy pronto Doctor Manuel Bouzas Cabada Profesor de la E.T.S.A.M y Co-Director del Máster en Gestión de Proyectos BIM de Arquitectura e Ingeniería sostenibles (Máster en BIM Management) de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. De quien tuvimos la grata experiencia de su visita a nuestras instalaciones y a nuestra área en particular; esto con el propósito de establecer acuerdos y convenios por ambas universidades.

Para esta revista la Mtra. Selene Aimé Audeves y el Dr. Rómel Solís nos escriben de la aplicación de metodología para la generación de modelos BIM aprovechables en distintos usos de la etapa de ejecución de los proyectos de edificación, en la cual nos dicen que la correcta implementación de BIM nos llevara a resultados deseables y que el documento *Level of Development Specification* (LOD) es una referencia que permite a los profesionales de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y la fiabilidad de los datos contenidos en los modelos BIM para las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos, para lo cual seleccionaron cinco usos de BIM ligados a la fase de construcción, también, se definieron las responsabilidades de los participantes y se identificó la tecnología a utilizar.

El Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza en coautoría con el Mtro. Rómel Solís nos aportan su artículo denominado Diseño, desarrollo y uso de un gestor para la persistencia de los conocimientos de BIM. Hablan que en su investigación se presentan: el diseño, desarrollo y ejemplos de uso de un gestor y una base de conocimientos sobre el tema específico de BIM. Este gestor fue desarrollado como una aplicación dinámica para la web para que la situación geográfica de los investigadores no sea un impedimento para la compartición de la información. Asimismo, la plataforma permite almacenar la información básica y relevante de documentos científicos.

El Mtro. Gilberto Corona en coautoría con profesores de la UADY nos informan como planearon la implementación de las tecnologías BIM (Building Information Modeling) en la enseñanza de las asignaturas de construcción del plan de estudios de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Aprovechando la coyuntura de la actualización de los planes y programas de estudio para introducir el uso de tecnologías BIM en el aprendizaje de las temáticas tratadas durante la carrera de Ingeniería Civil en el área de construcción. Administrar la ejecución de los proyectos de construcción a través del uso sustentable de los recursos requeridos, cumpliendo

con el tiempo, costo, calidad, y seguridad establecidos. Plantean competencias más específicas para esta área. Procedimientos de Construcción, Planeación y Organización de Proyectos, Estimación de Costos de Construcción, y Ejecución y Control de Proyectos son las cuatro materias que resultaron del análisis.

Finalmente se determinó cómo los principales usos de los modelos BIM podrían servir para el logro de las competencias asociadas a cada una de las cuatro asignaturas analizadas.

El Mtro. Cesar J. Carpio nos relata en su artículo BIM en la UAM-A que durante el desarrollo del proyecto ejecutivo en taller, se tiene que tomar en cuenta la posibilidad de que éste presente defectos importantes en el momento de llevarlo a su realización, y que tienen sus orígenes en decisiones y acciones tomadas durante las etapas de diseño. Menciona que los procedimientos actuales no logran los estándares en costo, tiempo, calidad, seguridad y sustentabilidad que se requieren debido al divorcio que existe entre el diseño y la construcción. Por lo que propone una metodología BIM, que utiliza diferentes programas de software, no siempre compatibles entre sí, o no relacionadas a las actividades de Diseño, Ingeniería Civil o constructivas, y que permiten al Arquitecto administrar las diferentes etapas del trabajo arquitectónico,

El Mtro. Baruch Ángel Martínez Herrera y la Dra. Aurora M. Poó Rubio colaboran con el artículo "Administración y control de activos físicos en edificios de oficinas" nos muestran un prototipo de programa para el control de activos físicos de un edificio de oficinas de la compañía "Corrosión y Protección S.A. de C.V." con el cual se propone controlar de manera gráfica toda la información relacionada con los activos físicos de la empresa como son: ubicación exacta del personal, Muebles, computadoras, autotransportes, equipo de comunicación, equipos varios, etc. así también se tendrá la información de que activo le fue asignado a cada persona de la empresa.

La Arquitecta Pamela Leticia Alcalá en coautoría con profesores de la UADY contribuyen con su artículo "Propuesta de un sistema de Administración de Infraestructura para la UADY, utilizando tecnologías SIG y BIM" y escriben que la administración de la Infraestructura se define como el proceso de administrar la infraestructura de un territorio de la manera más eficiente por medio del análisis del ciclo de vida de los componentes de una comunidad. Y que juegan un papel muy importante en la planeación, mantenimiento y operación de la infraestructura, en base a esto desarrollan una investigación cuyo objetivo es elaborar un sistema para la administración de la infraestructura del Campus de Ingenierías y Ciencias Exactas de la Universidad Autónoma de Yucatán.

La Arq. Elsa América del C. Baas en coautoría con profesores de la UADY habla en su artículo "Propuesta para la Administración Integral de la Infraestructura de la Ciudad de Mérida, Yucatán, México". Nos dicen que la infraestructura es un elemento importantísimo para el desarrollo de las ciudades, comentan que la inversión para este rubro en algunas ciudades de México es insuficiente e ineficiente, por lo que requiere mayor inversión pública aplicando modelos administrativos adecuados por lo que hacen una propuesta para mejorar la administración de la infraestructura de la Ciudad de Mérida, Yucatán, México tomando como caso de estudio las calles, banquetas parques y jardines del Centro Histórico de la Ciudad. La definición de los instrumentos y el análisis comparativo entre modelos administrativos desarrollados en países como Estados Unidos, Canadá, etc., y los modelos del Gobierno actual.

El Ing. Civil Carlos A. Osorio en coautoría con el Mtro. J. Nicolás Zaragoza titularon su artículo “Determinación del impacto del ausentismo de la mano de obra sobre el tiempo de ejecución de las actividades de construcción de vivienda”.

Señalan que el ausentismo en la industria de la construcción es uno de los principales factores que retrasan los proyectos de construcción en todo el mundo, al igual que en la Península de Yucatán. Sin embargo, su impacto sobre el tiempo de ejecución de las actividades de construcción no ha sido estudiado en el contexto local. Estudiar dicho impacto ayudaría a los administradores de proyectos a tomar esta variable en cuenta para disminuir la incertidumbre al planificar y a evaluar medidas que disminuyan el ausentismo con el objetivo de entregar sus obras en tiempo. Y en su investigación se pretende analizar que tanto afecta en tiempo de ejecución en la construcción de vivienda. Señalan que llevaran a cabo un análisis basado en una metodología considerando tres puntos importantes.

- Se recolectarán datos de productividad y ausentismo mediante la observación de las actividades de construcción de vivienda masiva.
- Se realizará un modelo de simulación para estimar los tiempos de ejecución de las actividades observadas con base en su productividad.
- Se realizará un análisis de sensibilidad con un nivel de manipulación presencia-ausencia de la variable ausentismo.

El Mtro. Luis Rocha Chiu en coautoría con el Dr. Víctor Jiménez y el Mtro. Oscar Monter exponen en su artículo “Administración de Riesgos en obras de infraestructura” que la infraestructura de un país está constituida por todo el capital público fijo y que cuando se gestiona de manera correcta, la infraestructura fortalece la actividad económica, genera empleos, fomenta la inversión pública y privada, incrementa la calidad de vida de la población y mejora la productividad y la competitividad. Mencionan que se requiere una adecuada coordinación entre las entidades involucradas y un desarrollo cuidadoso de las etapas de planeación, diseño y construcción, y que la experiencia nacional e internacional en grandes proyectos de infraestructura muestra la presencia frecuente de sobrecostos y atrasos en la construcción, deficiencias en la calidad y fallas en la operación. Este tipo de problemas pueden prevenirse mediante diferentes tipos de estrategias, una de ellas es la administración de riesgos. Y en su investigación destacan los aspectos que utiliza la gestión de riesgos en grandes obras de infraestructura para mitigar, disminuir o eliminar la presencia de resultados adversos en los proyectos. Como un ejemplo presentan la evolución del nivel de competitividad de México, las inversiones realizadas en infraestructura en los últimos años, las obras más representativas y los resultados obtenidos.

La Arq. Silvia Narvárez Contreras con su artículo “La medición de la sustentabilidad en empresas de diseño y construcción: un elemento de innovación” Refiere que la capacidad de innovación en la industria de la construcción se relaciona de manera directa con el tamaño de la empresa y con un enfoque de transparencia con y hacia los grupos de interés (stakeholders) que se relacionan con ellas en sus ámbitos internos y externos. En el estudio muestra las estrategias que las empresas actualmente se encuentran implementando para comunicar sus resultados en materia ambiental como un elemento crucial en sus estrategias de innovación. Esta estrategia ha cobrado fuerza en México, y se deriva de una estrategia Global para el reporte de resultados. La idea es que las empresas que participan en esta iniciativa presentan indicadores de gestión sustentable en términos de

los tres pilares fundamentales que la sustentabilidad tiene (económico, ambiental, y social). Entre las ventajas que esta estrategia les ofrece es un mejor posicionamiento en el mercado, mayor legitimidad en sus operaciones, así como en el entorno físico donde se desenvuelven y un acceso a mejores opciones de financiamiento para un crecimiento nacional e internacional.

El Ing. Carlos Gómez, en coautoría con Sergio Guerra y Guillermo Magaña de la **Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, de El Salvador** se presenta con el artículo “Investigación de Tecnologías Constructivas y Características Sustentables Aplicadas a Propuesta de Complejo de Vivienda para pre cooperativa en san Luis la Herradura, Departamento de la Paz. En este artículo nos refieren que el propósito del trabajo es proporcionar una alternativa de bajo costo para construcción aplicando los principios básicos de arquitectura bioclimática y aprovechando los sistemas de producción masiva de sistemas prefabricados existentes en el lugar.

El Arq. Tomás Sosa y la Mtra. Carolina Sue Díaz presentan su artículo “administrando la producción arquitectónica con la nueva herramienta BIM. Justificación de una UEA optativa para la carrera de arquitectura en la UAM Azcapotzalco.” El artículo define la metodología BIM, resalta la importancia del administrador en el proyecto ejecutivo en la construcción de la obra arquitectónica contemporánea, así como el perfil del personal necesario para la metodología. Así mismo desarrolla una comparación entre cada una de las etapas de la administración de obra tradicional vs la administración de obra a través de BIM, así como sus diferentes dimensiones.

La Dra. Rosa Elena Álvarez y Coautores en su artículo “La Aplicación de BIM en los Sistemas Constructivos y Estructurales. Caso de estudio: La formación del arquitecto con un enfoque hacia la Empresa” hablan que en un proceso de planeación y ejecución de una obra arquitectónica para predecir resultados y el ciclo de vida de la construcción, se establece un proceso de gestión del diseño orientado al proyecto mismo con un enfoque hacia la empresa, tomando como base las Tecnologías de la Información y Comunicación, realizando el proceso a través del Modelo BIM. La situación problemática se fundamenta en los objetivos del grupo que lo desarrolla, perteneciente al Colectivo de Matemáticas y Sistemas Estructurales en la UAM Azcapotzalco. La definición de lo que se quiere lograr como sistema constructivo dentro del proyecto determina cómo llegar al objetivo a partir del análisis de antecedentes del mismo.

El Mtro. Alejandro Cervantes Abarca y el Arq. Alberto Ramírez Alférez, escriben en su artículo “Como incrementar las patentes en México y la competitividad del país” que la propiedad intelectual, y en particular las patentes, pueden resultar fundamentales a la hora de convertir las ideas e invenciones innovadoras en productos competitivos que aumenten de manera significativa los márgenes de beneficios en las empresas, y la competitividad del país.

Refieren que en México, el tiempo (de 3 a 5 años) que se requiere para aprobar o rechazar una patente es enorme, y en la realidad este tiempo se puede extender hasta 7 años. En Europa se puede obtener una patente en un tiempo de entre 6 y 18 meses, y en USA, el tiempo para su obtención es entre 6 y 24 meses. Y mencionan que para poder registrar una patente al servicio de la sociedad en México, es necesario contar con las apropiadas políticas administrativas e infraestructura institucional. Proponen, que el cobro de las patentes se realice hasta que estas se exploten y den utilidades, de este modo, se ampliaría el registro de estas ya que muchas personas no las registran porque no pueden sufragar los costos que esto significa. Mencionan también que así mismo, El Instituto Mexi-

cano de Propiedad Intelectual, debería realizar la contratación de consultores y/o asesores, para apoyar a quienes quieran registrar una patente, y debería tener personal más calificado y comprometido con su trabajo, para reducir los tiempos en que se autoriza una patente.

El Dr. Luciano Segura Jáuregui Álvarez aporta a esta revista y al diseño industrial en su artículo “Las funciones en las mercancías de consumo sucesos significativos considerando al profesionalista del diseño como a un individuo en particular, con sobresalientes capacidades de trabajo, así como también a manera de un equipo de diseño, colectivo de especialistas, que sean capaces de cubrir áreas específicas del conocimiento y a la vez integrarse orgánicamente en la conclusión de objetivos. El trabajo del profesionalista del diseño se torna más complicado, debido a que el cliente cada vez es más exigente, por ello debe de poseer un amplio espectro de conocimientos, que le permitan captar las necesidades, comprender el mercado, coordinar estas motivaciones con la tecnología y los procesos productivos vigentes, esto con el primordial objetivo de ofrecer a la sociedad los objetos demandantes.

El Dr. Miguel Ángel López Ontiveros en coautoría con el D.I. Jesús Loyo Quijada plantean en su artículo Diseño y Producción que los productos del mercado, no solo deben ser competitivos, sino también sustentables en el proceso de fabricación para que sus envoltentes sean reciclados, por lo que en es trabajo, plantean el desarrollo de perfiles para el diseño productos reciclables. Determinaron un total de 12 perfiles de producto, los perfiles están integrados por 34 criterios, conformados por 5 criterios fijos los cuales deben de ser satisfechos por cualquier producto, 12 criterios internos que contemplan el proceso de reciclado y 17 criterios externos. Para la determinación de los criterios se analizaron 20 productos que son exitosamente reciclados en la industria mexicana.

El Dr. Manuel Bouzas Cavada nos aportó desde España, de los autores: Arq. Felipe Choclán y el Dr. Manuel Soler Severino de la universidad politécnica de Madrid con su artículo “la norma internacional ISO 21500 y su interrelación con la gestión de proyectos BIM” (building information modeling). Nos dicen de los cambios que constantemente ha habido en la historia de la construcción, y que cada cambio ha sido estudiado profundamente. En la práctica actual la construcción presta una atención cada vez mayor a la Gestión y Dirección de Proyectos, y es por esto que las grandes organizaciones están adoptando herramientas que faciliten esta gestión. La metodología BIM es una de estas herramientas, pero ha traído como consecuencia una separación de ideologías. Se ha empezado a comparar las diferencias entre la gerencia de un proyecto mediante el proceso tradicional y la gestión a través de esta metodología. A su vez BIM es un recurso de Gestión de Información, y como tal, puede ser utilizado para ilustrar el proceso completo de edificación, de mantenimiento e incluso de demolición.

BIM es una plataforma abierta de información del proyecto disponible para todas los agentes involucrados (“stakeholders”) en el proceso de construcción. BIM, al igual que la ISO 21500, tiene procesos y procedimientos; y al igual que ésta, áreas de conocimiento y fases para cada entregable del proceso. BIM es la metodología que permite la compartición de la información de forma eficaz y fiable e ISO 21500 la Gestión de los procesos de compartición.

Como se aprecia en la temática del contenido en este año, la gran mayoría de los artículos, se refieren o están relacionados con BIM, tratar de permanecer en la actualidad sin esta metodología es desaprovechar las bondades que nos brinda el desarrollo de la tecnología.



Esperamos y deseamos los integrantes de esta red, que pronto se establezcan las bases para implementar en todas las universidades, pero sobre todo en las nuestras, las UEAs, las especialidades, maestrías y doctorados para estar al nivel de competencia con los países que ya lo están implantando.



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Programa de  
colaboración  
de la Red  
Académica  
Tecnología  
BIM**



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Aplicación de la metodología para  
la generación de modelos BIM  
aprovechables en distintos usos  
de la etapa de ejecución de  
proyectos de edificación**

**Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez  
Mtro. Romel Gilberto Solís Carcaño  
Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN**



# Aplicación de la metodología para la generación de modelos BIM aprovechables en distintos usos de la etapa de ejecución de proyectos de edificación.

**Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez**

selene.audeves@correo.uady.mx

**Mtro. Romel Gilberto Solís Carcaño**

tulich@correo.uady.mx

**Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé**

zgrife@uady.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

## ABSTRACT

When properly implemented, the Building Information Modeling Technology (BIM) can provide many benefits to a project. BIM implementation requires detailed planning and fundamental changes in the processes by members of the project team as well, to make successfully use of information related with the BIM model. BIM models can be developed at any stage of project, therefore the information contained therein will be dependent on the stage of project development. Document Specification Level of Development (LOD) is a reference that allows professionals in architecture, engineering and construction, specify and articulate with a high level of clarity and content reliability of the data contained in the BIM models for the different stages of lifecycle of projects. In this paper the application of an exposed existing methodology for generating models BIM. Which are usable in different uses of the implementation phase of building projects.

Five uses related to the construction phase of BIM were selected. Also the responsibilities of the participants and the technology to use were defined, based on the availability and dominion of the software. Among the most important results is that by defining a BIM model based on a specific application, the utility of the models can be optimized in the implementation phase and reduce unnecessary modeling efforts.

## KEYWORDS

BIM model, uses BIM, LOD, building

## RESUMEN

Cuando se implementa correctamente la tecnología Building Information Modeling (BIM), ésta puede proporcionar muchos beneficios en un proyecto. La implementación de BIM requiere una planificación detallada, así como modificaciones fundamentales de los procesos por parte de miembros del equipo del proyecto, para lograr con éxito el uso de la información incluida en el modelo inteligente o modelo BIM. Los modelos BIM pueden ser producidos en cualquiera de las etapas del proyecto, por lo tanto la información contenida en ellos será dependiente de la fase del desarrollo del proyecto. El documento Level of Development Specification (LOD) es una referencia que permite a los profesionales de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y la fiabilidad de los datos contenidos en los modelos BIM para las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos. En el presente trabajo se expone la aplicación de una metodología existente para la generación de modelos BIM, aprovechables en distintos usos de la etapa de ejecución de los proyectos de edificación; para lo cual se seleccionaron cinco usos de BIM ligados a la fase de construcción, también, se definieron las responsabilidades de los participantes y se identificó la tecnología a utilizar, en base a la disponibilidad del software y dominio del mismo. Dentro de los resultados más importantes destacó el hecho de que definir un modelo BIM en base a un uso específico permite optimizar la utilidad de los modelos en la etapa de ejecución y reducir esfuerzos innecesarios en el modelado.

## PALABRAS CLAVE

Modelo BIM, usos BIM, LOD, construcción.



## INTRODUCCIÓN

Cuando se implementa correctamente la tecnología *Building Information Modeling (BIM)*, ésta puede proporcionar muchos beneficios en un proyecto. El valor de BIM ha sido ilustrado a través de proyectos bien planificados donde se obtuvieron beneficios como: aumento de la calidad del diseño; mayor prefabricación debido a las condiciones del campo predecibles; mejora de eficiencia en el campo mediante la visualización de la programación de la construcción; aumento de la innovación a través del uso de aplicaciones de diseño digital; asimismo al final de la fase de construcción, la información valiosa puede ser utilizada por el usuario del edificio para la gestión de activos, la planificación del espacio y la programación de mantenimiento, para mejorar el rendimiento global del edificio o de sus instalaciones. Sin embargo, también ha habido ejemplos de proyectos en los que el equipo de trabajo no planificó eficazmente la implementación de BIM, dando lugar al aumento de los costos incurridos por los servicios de modelado, retrasos en el programa debido a la falta de información, y poco o ningún valor añadido. (Project Execution Planning Guide, 2011).

La implementación de BIM requiere una planificación detallada, así como modificaciones fundamentales de los procesos por parte de miembros del equipo del proyecto para lograr con éxito el uso de la información incluida en el modelo inteligente o modelo BIM. (Project Execution Planning Guide, 2011). El aspecto más interesante de la adopción de BIM es la extracción, análisis y comunicación de los datos contenidos en un modelo inteligente, el cual es creado para eliminar las ineficiencias en el proceso de construcción, y en él se reflejan todos los cambios que se realizan en las etapas de diseño y ejecución del proyecto. (Reddy, 2012)

Un modelo BIM incluye además de un modelo virtual en 3D gran cantidad de información. Parte de esta información es física, la cual puede ser: las dimensiones del objeto (su tamaño), la ubicación del objeto en relación con la ubicación de los otros objetos en el modelo o la cantidad de objetos en el modelo. También el modelo BIM puede contener información paramétrica, la cual se refiere a la información que distingue un componente particular de otro que es similar, es decir, un elemento muro que esté generado con la misma herramienta puede tener distintos parámetros como: el tipo de material (madera o metal espárragos, tipo de placas de yeso, etc.), el proveedor, etc. (Kymmell 2008).

Los modelos BIM pueden ser producidos en cualquiera de las etapas del proyecto, por lo tanto la información contenida en ellos será dependiente de la fase del desarrollo del proyecto. La naturaleza, el nivel de detalle y la cantidad de información puede cambiar a lo largo del proceso de planeación; siendo ésta, la razón más importante por la que es tan difícil mantener el mismo modelo a través de las distintas fases del proyecto; es muy importante planificar cuidadosamente el contenido del modelo para que el proceso de modelado sea tan eficiente como sea posible, y se maximice la utilidad de los modelos. (Kymmell 2008).

El documento *Level of Development Specification (LOD)* es una referencia que permite a los profesionales de la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y la fiabilidad de los datos contenidos en los modelos BIM para las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos. El LOD define e ilustra las características, los elementos del modelo de diferentes sistemas de construcción en diferentes niveles de desarrollo.

Esta clara articulación permite a los autores de los modelos definir aquello para lo cual sus modelos son fiables, y permite a los usuarios que entiendan claramente la utilidad y las limitaciones de los modelos que van a recibir. El objetivo principal de la herramienta LOD es ayudar a los equipos de trabajo, incluidos los propietarios, especificar entregables BIM y obtener una imagen clara de lo que se incluirá en un modelo BIM (LOD, 2013).

## OBJETIVO GENERAL

Aplicar una metodología existente para la generación de modelos BIM, aprovechables en distintos usos de la etapa de ejecución de los proyectos de edificación.

## DESARROLLO

El presente trabajo de investigación fue realizado por varios participantes de La Red Académica Integración del Diseño y Construcción, compuesta por el Cuerpo Académico (CA) "Administración para el diseño" de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM); el grupo "Master Builder" del Worcester Polytechnic Institute (WPI); y el CA "Ingeniería de la Construcción" de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). La metodología aplicada para la generación de modelos BIM fue tomada de *BIM Project Execution Planning Guide*.

El documento "*BIM Project Execution Planning Guide*", el cual llamaremos documento guía, es un producto de buildingSMART alianza (BSA), el cual fue desarrollado para proporcionar un manual práctico que puede ser utilizado por los equipos de un proyecto para diseñar su estrategia de BIM y desarrollar un plan de ejecución del proyecto. El núcleo del modelado y los conceptos de intercambio de información han sido diseñados para complementar los objetivos a largo plazo de la BSA en el desarrollo de una norma que puede ser implementado en toda la Industria AECO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción, Propietario y Operador) para mejorar la eficiencia y la eficacia de la aplicación BIM en proyectos.

En el documento guía se indica la necesidad de establecer el procedimiento de planeación de la ejecución del proyecto BIM, el cual consta de los siguientes cuatro pasos fundamentales (ver Figura 1):

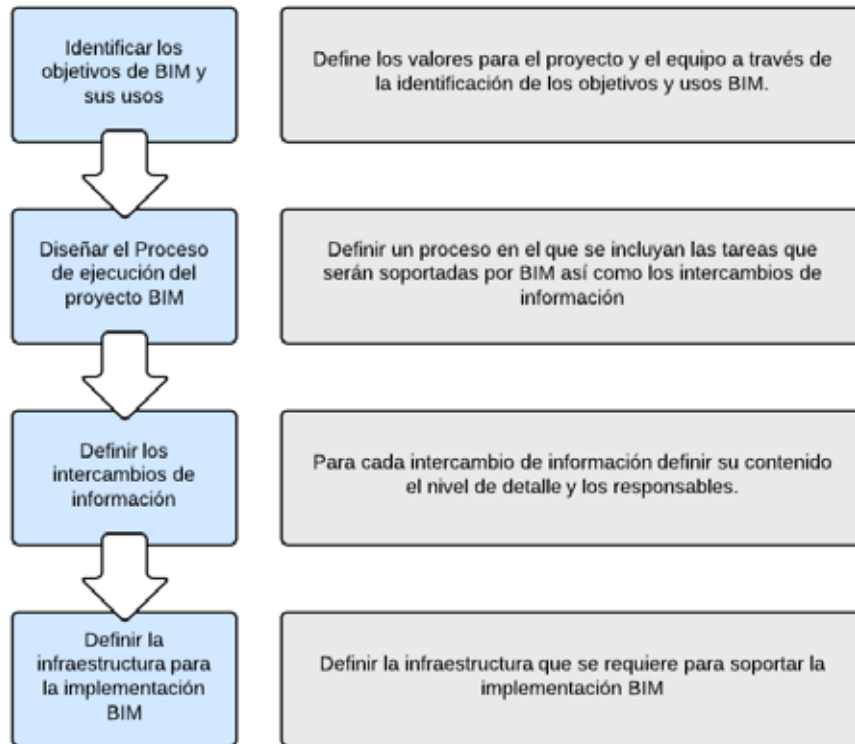


Figura 1. Procedimiento de la planeación de la ejecución del proyecto

### 1. Identificar los objetivos de BIM y sus usos.

Uno de los pasos más importantes del proceso es precisar claramente el valor potencial de BIM para un proyecto en sí, así como para cada uno de los participantes del proyecto, esto se logra mediante la definición de los objetivos generales de la implementación BIM. Los objetivos pueden ser basados en el desempeño del proyecto, como por ejemplo reducir la duración del proyecto (diseño y/o construcción), tener una mayor productividad en campo durante la construcción, incrementar la calidad, reducir los errores o cambios, etc. Una vez definidos los objetivos, el siguiente paso es definir los usos específicos de BIM en un proyecto.

Un uso BIM se define como “un método de aplicación de la tecnología BIM durante el ciclo de vida de un edificio para lograr uno o varios objetivos específicos (Kreider R. and Messner J., 2013). En el documento guía, se contemplan 25 usos para las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos; cabe mencionar que estos usos no son limitativos de todos los posibles usos de BIM (ver Figura 2).

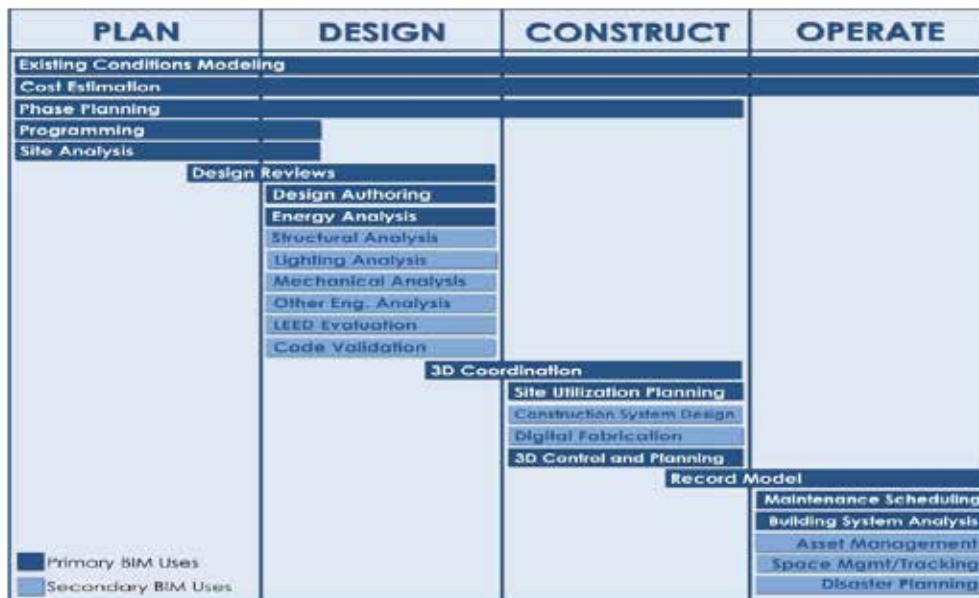


Figura 2. Usos BIM a lo largo del ciclo de vida de los proyectos

2. Diseñar el proceso de ejecución del proyecto BIM.

En este paso del proceso se indica que una vez definidos los usos BIM, el siguiente paso es mapear el procedimiento para la planeación de la implementación BIM, para lo cual el documento guía contiene un mapa general que muestra la secuencia e interacción entre los principales usos BIM del proyecto, a fin de proporcionar un claro entendimiento a los participantes del proyecto de cómo su trabajo se relaciona con el trabajo de los demás. También contiene un mapa del proceso para cada uno de los usos BIM.

3. Definir los intercambios de información.

El documento guía indica que basados en los mapas de proceso creados, el intercambio de información que ocurrirá entre los participantes en el proyecto debe ser definido. Para esto es necesario determinar los formatos en los que la información debe ser entregada/recibida (por ejemplo PDF, DWG, RVT etc.); este paso se define tomando en cuenta la tecnología disponible, en base a la disponibilidad de software y su dominio por parte de los participantes.

4. Definir la infraestructura para la implementación BIM.

En cuanto a este último paso el documento guía muestra que la definición de la infraestructura consiste en precisar los procedimientos de comunicación, asignación de responsabilidades de los equipos, definición de la infraestructura tecnológica, así como la identificación de los procedimientos de control de calidad para asegurar que el modelo comunique la información requerida a los siguientes procesos.

**Aplicación del documento: "BIM Project Execution Planning Guide"**

La decisión por parte de los integrantes de la Red Académica acerca de utilizar el documento "BIM

*Project Execution Planning Guide*” radica en que éste daría las pautas para poder cumplir con el objetivo planteado en el proyecto de la Red.

Con el fin de integrar los conocimientos y experiencia de los integrantes de los cuerpos académicos de la Red, se establecieron tres equipos de trabajo de acuerdo a las fortalezas de cada uno; para lo cual, la UAM fungió como el equipo de diseño, la UADY como el equipo de construcción y el WPI por su experiencia en la aplicación de la tecnología BIM como el equipo director del proyecto.

Una vez definidos los tres equipos de trabajo, se estableció el tipo de proyecto a desarrollar, tomando en cuenta tanto los recursos y tiempo disponible, así como que el proyecto esté compuesto por varios elementos constructivos que le den un grado de complejidad y no tanto por el tamaño; por tanto, el proyecto a desarrollar consistió en una caseta de vigilancia, de aproximadamente 145 metros cuadrados de construcción, compuesta de dos niveles y estructuras de concreto coladas en sitio.

Para determinar cuáles de los 25 usos BIM se aplicarían en el proyecto del diseño y planificación de la construcción de la “Caseta de vigilancia”, se clasificaron en los usos en los siguientes tres grupos:

- Los usos BIM para la etapa del diseño, los cuales se refieren a los usos que inician y terminan durante la fase de planeación y diseño del proyecto, y que requieren de la participación temprana del constructor.
- Los usos BIM para ambas etapas (diseño y construcción de manera integrada), los cuales se refieren a los usos que inician en la fase de planeación o diseño y continúan o terminan durante la fase de la construcción y que deben desarrollarse de manera integrada. Estos usos comúnmente se usan para la coordinación de los sistemas del edificio y mejorar la constructabilidad del mismo.
- Los usos BIM para la etapa de la construcción, los cuales se refieren a los usos que inician y terminan en la fase de construcción del proyecto. Estos usos comúnmente se usan para la planeación y control de la construcción.

Los usos BIM correspondientes a la etapa de diseño fueron seleccionados por el equipo formado por los integrantes del CA de la UAM; dentro de las acciones se definieron las especificaciones, arquitectura, espacios y dimensiones de la caseta de vigilancia, dando como resultado la generación de la primera versión del modelo BIM, en el cual también se integraron las ingenierías, las cuales fueron diseñadas por el CA de la UADY; los encargados de modelar dichas ingenierías fueron los integrantes del WPI, esto debido a su experiencia en el manejo de software (ver Figura 3).



Figura 3. Primera versión del modelo BIM.

Para la comunicación entre los diferentes equipos se utilizó el servidor o nube Sugarsync; además se definió una estructura para el intercambio ordenado y eficiente de información correspondiente al proyecto. El resultado de la interacción entre los 3 equipos de trabajo del WPI, UAM Y UADY, mostró que es posible integrar el diseño y la construcción en el desarrollo del modelo BIM del proyecto de la caseta de vigilancia.

Para el desarrollo del presente trabajo, el cual está enfocado a la etapa de construcción, el equipo conformado por los integrantes del CA de la UADY seleccionó los siguientes 5 usos BIM ligados a la etapa de ejecución del proyecto:

- Modelado de las Condiciones Existentes
- Estimación de Costos con el Modelo BIM
- Fases de Planeación (Modelos 4D)
- Coordinación en 3D
- Planeación de la Utilización del Sitio

Después de seleccionar los 5 usos BIM, el siguiente paso fue evaluar la importancia, la factibilidad e implicaciones de cada uno de ellos para decidir si se procede o no con su implementación.

El procedimiento de evaluación de los usos BIM seleccionados se realizó utilizando los siguientes criterios:

- Recursos necesarios para implementar los usos BIM requeridos: personal, software, capacitación en el uso del software, equipo de cómputo y soporte técnico.

- Competencia del equipo para implementar exitosamente el uso específico de BIM. Para determinar competencia, el equipo debe entender los detalles para el uso de BIM y cómo serán llevados a cabo en un proyecto.
- Experiencia asociada con el uso de BIM en el pasado por parte de los integrantes del equipo. La experiencia asociada con cada uso BIM es vital para una implementación exitosa, sin embargo, dicha experiencia no implica necesariamente el uso de la tecnología BIM. Por ejemplo, el equipo puede haber realizado la planeación del sitio de la obra con anterioridad sin haber utilizado BIM.

Para facilitar la evaluación se utilizó el formato “Análisis de los usos BIM” (ver Figura 4).

Usos BIM*	Valor al Proyecto	Personas(o) Responsable (s)	Valor a la(s) Persona(s) Responsable	Grados de Capacidad			Recursos Adicionales / Habilidades Requeridas por Implementar	Notas	Proceder con el Uso
	Bajo/Medio/Alto		Alto / Medio / Bajo	Escala 1-3 (1=Bajo)					SI / NO / Talvez
				Recursos	Habilidades	Experiencia			
Estimación de Costos con el Modelo BIM	Alto	Nicolás Zaragoza	Alto	2	3	3	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción.	SI
		Selene Audeves	Medio	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción.	
Coordinación en 3D	Alto	Selene Audeves	Alto	2	2	2	Licencia de última versión del Revit		SI
		Rómel Solís	Medio	2	1	1	Licencia de última versión del Revit		
Fases de Planeación (Modelos 4D)	Alto	Selene Audeves	Alto	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción.	SI
		Nicolás Zaragoza	Medio	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción.	
		Gilberto Corona	Bajo	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción.	
		Rómel Solís	Bajo	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción.	
Modelado de las Condiciones Existentes	Bajo								SI

Figura 4. Análisis de los usos BIM para las etapas de diseño y construcción integradas

Como parte de la aplicación del documento guía se contempló la realización de los mapas de los procesos de los 5 usos seleccionados, para lo cual se tomaron como base los mapas propuestos en dicho documento; éstos fueron analizados por los equipos del WPI y la UADY, y en algunos casos se realizaron modificaciones respecto a los actores (constructores, arquitectos, etc.); además, se estableció el LOD para los modelos BIM, así como el software propuesto (ver Figura 5).

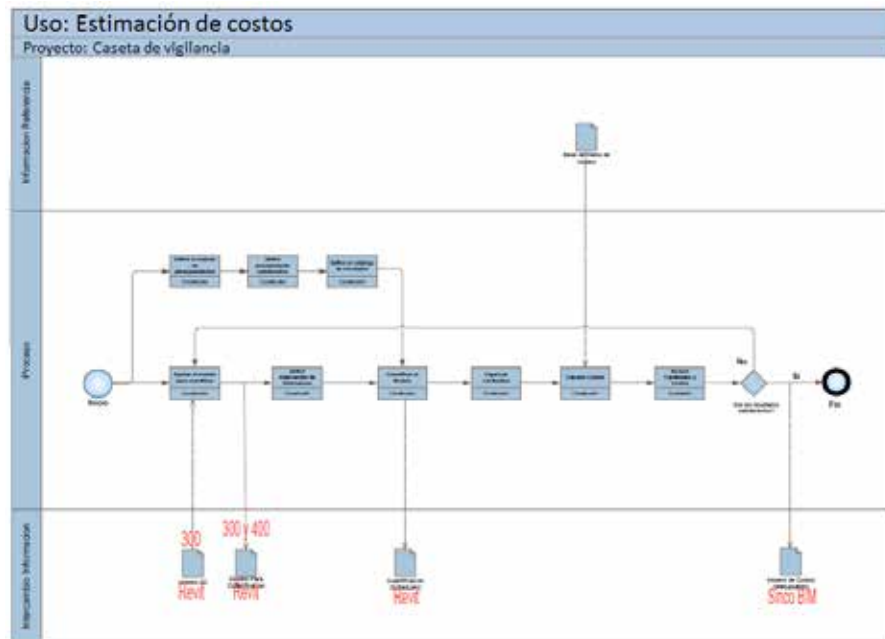


Figura 5. Mapa modificado del proceso del uso BIM: Estimación de costos.

Una vez seleccionados los usos BIM ligados a la etapa de construcción, realizadas la evaluación de la factibilidad de implementación de los mismos y la definición de los mapas de los procesos, lo siguiente fue implementar cada uno de los usos BIM, utilizando el modelo BIM de la caseta de vigilancia. Los resultados de dicha implementación se describen en el siguiente apartado.

## RESULTADOS

*El uso BIM Modelado de las condiciones existentes*, corresponde al proceso en el cual el equipo del proyecto desarrolla un modelo 3D de las condiciones existentes del sitio, edificios en el sitio, o un área específica dentro de un edificio Este modelo puede desarrollarse de muchas maneras dependiendo de lo que se desea obtener, y que sea eficiente; además puede integrarse con el modelo 4D para la planeación del sitio de la obra que corresponde a otro de los usos BIM (Project Execution Planning Guide, 2011).

La planificación del sitio y la utilización adecuada es un punto crítico que tiene un impacto significativo en el éxito general del proyecto; donde el superintendente y el gerente de proyecto puede sentarse y estudiar los servicios públicos existentes, opciones de acceso al sitio, las condiciones de seguridad y rutas de evacuación, planes de excavación, la colocación de la maquinaria y opciones para las áreas de almacenamiento. Todo esto con el fin de poder tomar las mejores decisiones en cuanto a cómo proceder en la ejecución del proyecto (Jackson, 2010).

El alcance de esta investigación no contempla la construcción del proyecto caseta de vigilancia, sin



embargo, se acordó darle una ubicación a fin de poder contar con información real para la generación del modelo correspondiente a este uso BIM; por lo anterior, se optó que dicho proyecto se ubicara en las instalaciones de la UAM.

En la Figura 6 se muestra el modelo BIM realizado para dicho uso, en el cual se incluyó, todo el terreno disponible para la construcción, elementos constructivos existentes en este caso es una barda, la calle y red de drenaje municipal. El LOD de este modelo puede corresponder al nivel 200, esto debido a que los elementos que se requieren visualizar están representados genéricamente, además de que pueden o no contar con información no gráfica en sus elementos (LOD, 2013); sin embargo, éstos si contienen información paramétrica como cantidad, tamaño, forma, ubicación, siendo estos datos suficientes para tomar decisiones respecto a este uso BIM.

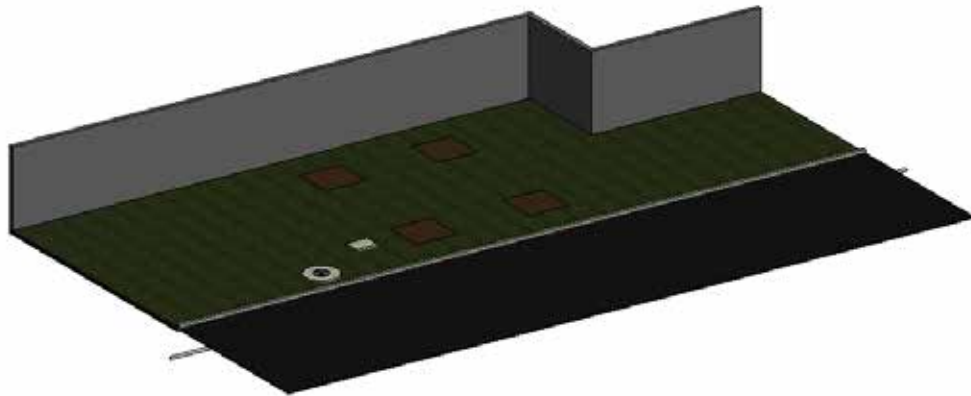


Figura 6. Modelo correspondiente al uso BIM : Modelado de las condiciones existentes.

Este modelo se ubicó geográficamente, para lo cual se utilizó la tecnología SIG (Sistemas de Información Geográfica), a fin de poder visualizar los componentes del campus universitario, estacionamientos, calles internas, áreas verdes, edificios, etc. Así como también la infraestructura colindante al campus como: puentes, avenidas, terrenos baldíos, comercios, escuelas, hospitales, servicios públicos municipales, accesos al campus, etc., que pudiera ser información importante para la toma de decisiones antes y durante la ejecución del proyecto.

*El uso BIM: estimación de Costos con el Modelo BIM, corresponde al proceso en el que un modelo BIM es utilizado para generar volúmenes de obra y estimaciones de costos desde etapas tempranas del diseño. Este proceso también permite a los diseñadores ver el impacto que tienen las ampliaciones o modificaciones del diseño en el costo total del proyecto de forma más rápida a comparación de los procesos tradicionales, con el objetivo de evitar sobrecostos. Por su parte, el uso BIM: Fases de Planeación (Modelos 4D) es el proceso en el cual un modelo 3D se liga a su programa de obra para crear un modelo 4D (modelo 3D con la dimensión del tiempo incluida), y que es utilizado para planear y mostrar la secuencia constructiva de un proyecto y sus requerimientos espaciales en el sitio (Project Execution Planning Guide, 2011).*

Para los usos BIM: estimación de Costos con el Modelo BIM y Fases de Planeación (Modelos 4D), se

desarrolló una herramienta de extensión para Revit usando API (*application programming interface*), llamada SincoBIM, dicha extensión se aloja dentro de la interface de Revit y está compuesta por seis secciones: Archivo (File), conceptos (Assemblies), proyecto (Project), presupuesto (Budget), modelado (Modelling) y programa de obra (Scheduling).

Dentro de las acciones que se realizaron para obtener un modelo aplicable a los usos BIM: Estimación de costos y programación, se generaron cambios en el modelo BIM de la caseta de vigilancia creado por el equipo de diseño; los cuales consistieron en agregar elementos constructivos ligados al catálogo de conceptos, a fin de que la gran mayoría de los elementos que componen dicho catálogo, estuvieran presentes en el modelo BIM.

El LOD para el modelo realizado para dichos usos puede corresponder a un nivel 300, o 400, donde puede variar el nivel de detalle del modelado de cada elemento, así como la información que contiene cada uno de ellos. Por ejemplo para un castillo, puede ser de nivel LOD 300, ya que este nivel contempla que el elemento incluya la forma y tamaño, y dentro de su información no grafica se debe especificar el tipo y resistencia de concreto así como las características del armado; siendo el castillo cuantificable únicamente por su longitud, el nivel 300 resulta suficiente para obtener la cantidad del elemento; sin embargo, para los elementos de concreto reforzado (zapatas, trabes, contratraves y columnas) el nivel LOD que se requiere es 400, ya que dicho nivel contempla contener además de forma y tamaño, el modelado del acero de refuerzo por mencionar un detalle. Por lo anterior para el proyecto caseta de vigilancia se modelaron los elementos de concreto reforzado con un nivel LOD 400, tal como se ilustra en la Figura 7.

Realizar el modelado del acero en los elementos de concreto reforzado del proyecto caseta de vigilancia, permitió determinar de forma precisa las cantidades de acero, ya que esta información se obtiene directamente del modelo BIM, sin necesidad de calcularlo por medio de fórmulas o porcentajes para los ganchos.

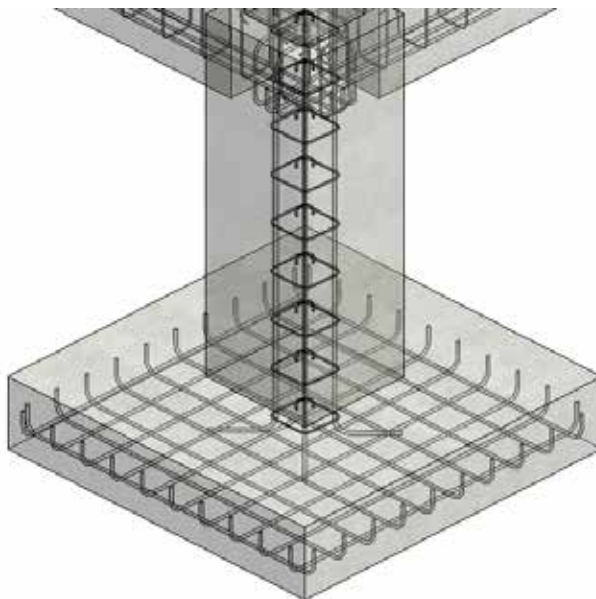


Figura 7. Detalle de elementos de concreto reforzado

Para la estimación de costos asociados al modelo BIM, la API SincoBIM permite asociar cada uno de los conceptos de obra a uno a varios elementos del modelo BIM según sea el caso; esto puede realizarse seleccionando dichos elementos tocando el modelo, sin embargo, en el caso de que el modelo no contenga un elemento constructivo (como puede ser el perfilado de aristas) la API permite poder incluir en el presupuesto conceptos de obra que no estén contenidos en modelo BIM.

Para la aplicación del uso BIM: Fases de Planeación (Modelos 4D), la API SincoBIM permite realizar dentro de Revit el programa de obra donde la ventaja respecto a la forma tradicional de realizar un programa de obra es que se puede asociar cada uno de los componentes de la estructura de desglose del programa de obra a los elementos que componen el modelo BIM, pudiendo conocer cuáles son y dónde están ubicados los elementos construidos y los que están por construir; a diferencia de la forma tradicional donde se conoce sólo el avance porcentual del componente de la estructura de desglose. Como ejemplo, si se tiene la programación del concepto de obra plantilla de concreto para zapata, se puede conocer cuáles y cuantas plantillas ubicadas en el modelo BIM ya se construyeron en la primera etapa y cuáles se van a construir en las siguientes etapas; permitiendo identificar problemas puntuales en el programa de obra y secuencia de actividades, para poder hacer reprogramaciones (ver figura 8).

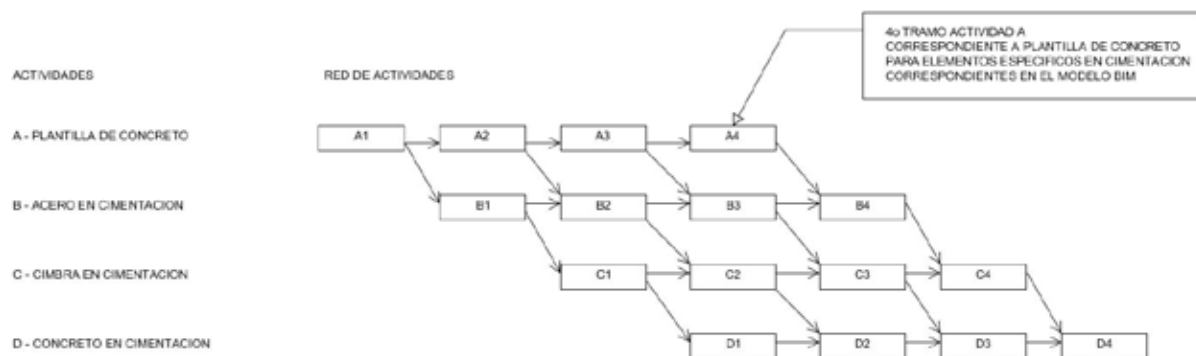


Figura 8. Secuencia de actividades

El uso BIM: coordinación en 3D es el proceso en donde los modelos 3D de los principales sistemas de un proyecto se integran, usando un software para detección de interferencias, y se revisan durante el proceso de coordinación de los participantes del proyecto, para identificar posibles conflictos durante la etapa de construcción, como pudiera ser que alguna instalación hidráulica atravesase una trabe, una columna o una ventana; o que el modelo estructural no coincida con el arquitectónico (Project Execution Planning Guide, 2011); para el proyecto de la caseta de vigilancia se utilizó el software Naviswork.

El uso BIM: Planeación de la Utilización del Sitio es el proceso en el cual el modelo 4D de la caseta de vigilancia es usado para representar, de manera gráfica, las construcciones permanentes y temporales que hay en el sitio. A este modelo se le agrega información de los recursos de mano de obra, materiales y ubicación de equipos. Dado que los componentes del modelo 3D están directamente ligados al programa de obra para crear el modelo 4D, las funciones de administración del sitio de la obra (como visualización de la planeación, re-planeación a corto plazo y recursos) pueden ser

analizados con diferentes datos espaciales y temporales, permitiendo identificar la mejor ubicación para almacenar los materiales, o las rutas más seguras para el paso continuo de la maquinaria, así como el espacio que se requiere para sus maniobras, esto asociado a las fases de la construcción de un proyecto. (Project Execution Planning Guide, 2011).

Para la caseta de vigilancia se modelaron elementos volumétricos para: bodega de materiales, agregados, estibado y habilitado de acero, ubicación de viguetas, bovedillas y block, áreas de paso de camiones y maquinarias, etc. Estos elementos se realizaron con un LOD 200 debido a que no se requiere elementos modelados al detalle, solo se requiere la forma del espacio que ocupan dentro del terreno.

## CONCLUSIONES

- La aplicación del documento guía para el desarrollo del proyecto establecido, mostró la interacción que se generó con los intercambios de información entre los equipos de diseño y construcción.
- Detallar elementos constructivos a un LOD 300 o 400 permite determinar de manera rápida y precisa la cuantificación de volúmenes de obra y el costo de un proyecto.
- La fase de planeación (modelos 4D) es una herramienta poderosa de visualización y comunicación, que le da al equipo del proyecto un mejor entendimiento de la planeación de la construcción, y le permite identificar la secuencia constructiva óptima del proyecto.
- Realizar la coordinación 3D elimina los conflictos que pudieran presentarse en la obra, permitiendo realizar proyectos más detallados y exactos, lo cual provoca disminución en los costos de la construcción.
- La planeación del sitio de la obra permite organizar los espacios disponibles en la obra para evitar conflictos durante la ejecución de los proyectos.
- Definir un modelo BIM en base a un uso específico permite optimizar la utilidad de los modelos y reducir esfuerzos en el modelado.

## **BIBLIOGRAFÍA**

*Jackson B., (2010). "Construction Management Jump Start2". Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana, E.U., second Edition.*

*Kreider R. and Messner J., (2013). "The Uses of BIM Classifying and Selecting BIM Uses Version 0.9". Penn State Computer Integrated Construction.*

*Kymmell W., (2008). "Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations". EEUU, McGraw-Hill.*

*LOD, (2013). "Level of Development Specification for Building Information Models". EEUU, by BIMForum.*

*Project Execution Planning Guide, (2011). Disponible en: <http://bim.psu.edu/Project/resources/>. Recuperado 26 de enero de 2014.*

*Reddy K., (2012). "BIM for building owners and developers: making a business case for using BIM on projects". EEUU, John Wiley & Sons.*



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Diseño, desarrollo y uso de un  
gestor para la persistencia  
de los conocimientos de  
BIM**

**Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé  
Mtro. Romel Gilberto Solís Carcaño  
Dr. Julio Rodrigo Baeza Pereyra  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN**





# Diseño, desarrollo y uso de un gestor para la persistencia de los conocimientos de Building Information Modeling (BIM)

**Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé**

zgrife@uady.mx

**Mtro. Romel Gilberto Solís Carcaño**

tulich@correo.uady.mx

**Dr. Julio Rodrigo Baeza Pereyra**

bpereyra@uady.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

## ABSTRACT

Research activities require access to latest relevant information about specific topics. Information can be found scattered in different media. To make important contributions, research groups require a space to share documents, conclusions and observations that can be result from analysis of such information as well. In this work, design, developing and use samples are presented for a platform connected to knowledge base about Building Information Modeling BIM. This platform was developed as a web dynamic application in order to make easier sharing information and documents. Also, this platform allows to persist information about documents such as papers, books, proceedings, thesis, etc. Classification can be made on those documents using multiple user defined keywords. Also the users can add some notes and reviews in order to share ideas, insights about such documents. The authors of this works believe that using of this platform will contribute to a better work productivity.

## KEYWORDS

BIM, Information manager,

## RESUMEN

La investigación requiere de tener acceso a lo último en información relevante sobre temas específicos. La información se encuentra de manera dispersa en diferentes medios. Para lograr avances significativos en grupos disciplinarios de investigación, se requiere de un medio para compartir la información documental encontrada, así como también las observaciones y conclusiones que se puedan realizar sobre la revisión y análisis de dichos documentos. En este trabajo se presentan: el diseño, desarrollo y ejemplos de uso de un gestor y una base de conocimientos sobre el tema específico de Building Information Modeling. Este gestor fue desarrollado como una aplicación dinámica para la web para que la situación geográfica de los investigadores no sea un impedimento para la compartición de la información. Asimismo, la plataforma permite almacenar la información básica y relevante de documentos científicos tales como: Artículos, Libros, Ponencias, monografías, etc. Así como también permite realizar la clasificación por medio de múltiples palabras clave, que el usuario puede designar. También permite la anotación de observaciones por parte de los investigadores para compartir sus ideas y sus notas sobre los documentos almacenados en la base después de su revisión y análisis. Se considera que este trabajo permitirá una mejora en la productividad de investigadores sobre cualquier temática.

## PALABRAS CLAVE

BIM, Gestor de información, Base de conocimientos

## INTRODUCCIÓN

La investigación requiere de tener acceso a lo último en información relevante sobre temas específicos. La información se encuentra de manera dispersa en diferentes medios. Para lograr avances significativos en grupos disciplinarios de investigación, se requiere de un medio para compartir la información documental encontrada, así como también las observaciones y conclusiones que se puedan realizar sobre la revisión y análisis de dichos documentos.

Es por lo anterior que los autores se dieron a la tarea de diseñar y desarrollar una plataforma para la persistencia de documentos científicos sobre el tema específico acerca de Building Information Modeling. Esto debido a que los autores son miembros de la Red Académica de Integración Diseño y Construcción (RAIDC) misma que desde hace algunos años ha adoptado la línea de investigación sobre BIM.

Los requerimientos principales de la plataforma que los autores determinaron como necesarios son:

- Lograr que tanto usuarios miembros de la (RAIDC) como usuarios invitados que así lo soliciten hagan persistir información sobre documentos científicos de BIM en un formato que permita compartir impresiones, observaciones y notas acerca de los mismos.
- Poder clasificar desde distintos puntos de vista los documentos recopilados.
- Poder realizar consultas sobre los documentos científicos contenidos en una base de datos a manera de fichas bibliográficas.
- Que toda la información de la plataforma sea accesible desde internet.

## OBJETIVO GENERAL

Diseñar y programar un gestor para la persistencia y clasificación de documentos científicos acerca de Building Information Modeling (BIM).

## OBJETIVO ESPECÍFICO

Diseñar un gestor para la persistencia y clasificación de documentos científicos acerca de BIM.

Programar una plataforma basada en web para implementar el gestor diseñado.

## DESARROLLO

Con el objeto de obtener un producto de calidad, se realizó un diseño integral de la plataforma del gestor que siguió las recomendaciones del “4+1” según Krutchen [1]. Este modelo se centra en los casos de uso que los usuarios tienen que poder realizar en la plataforma. De los requerimientos de persistencia de la información de documentos científicos acerca de BIM se identificaron los casos de uso que se enumeran y explican en la Tabla 1. Los principales casos de uso se refieren a los de tipo crear, leer, actualizar y eliminar de las siglas en inglés (CRUD, create, read, update, delete).

Casos de usos
Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Institución.
Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Autor.
Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Editorial.
Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Keyword.
Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Documento.
Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase AutorDocumento.
Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Keyword Documento
Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Usuario.

Tabla 1. Casos de uso CRUD identificados como necesarios para implementar en el gestor

La programación de la plataforma del gestor se realizó utilizando el paquete Microsoft Visual Studio Professional 2013 [2] junto con las herramientas y componentes ASP.NET de DevExpress 13.2 [3]. Se escogieron los componentes DevExpress 13.2 porque implementan la tecnología AJAX [4] que permite realizar consultas al servidor y cambios en áreas muy específicas en las páginas del cliente sin tener que volver a cargar toda la página. Para facilitar el acceso a los potenciales usuarios, se escogió desarrollar la plataforma del gestor orientada al internet y los dispositivos móviles tales como teléfonos, tabletas y laptops. Debido a que los costos de hospedaje de las aplicaciones web basadas en sistema operativo Windows han descendido en los últimos años y por la facilidad de programación en ASP.NET se ha escogido este lenguaje. Debido a que ASP.NET utiliza como lenguaje Visual Basic o C# para programar la funcionalidad de las páginas web de la aplicación desde el lado del servidor y que utiliza un lenguaje robusto orientado a objetos, la implementación de la funcionalidad de la plataforma es directa. Asimismo, la estructura y contenedores de las páginas web que serán desplegadas del lado del cliente a petición del usuario a través de un explorador web, utiliza un lenguaje denominado “Markup Language” el cual es una implementación especial de código XML[5] para interpretar la forma en la que se formará la vista o interface de usuario en el navegador que utilice el usuario cliente.

## RESULTADOS

### DISEÑO

Se determinó que para hacer persistir un documento científico factible de persistir en una base de datos y además poderse clasificar, fue necesario establecer un marco de trabajo a partir de un modelo de persistencia que definiera las clases necesarias que darían forma a la plataforma del gestor.

En el diseño del modelo de persistencia de las clases del gestor fueron determinadas a partir de los requerimientos las clases que se muestran en las Figuras 1 y 2. Como es posible puede observar en la Figura 1 se identificó la clase persona la cual sirvió para derivar las clases autor e institución por compartir atributos similares utilizando la herencia. La clase usuario cuenta con toda la información necesaria para que un usuario de la plataforma puede acceder a ella. Un atributo importante de la clase usuario es el de Tipo ya que establece los permisos que tiene el usuario en la plataforma. Están definidos tres tipos de usuario: moderador, miembro y visor. El moderador tiene todos los permisos para editar la información así como cambiar de tipo y estado a otros usuarios de la plataforma. El usuario miembro puede ver y subir información a la plataforma. Mientras que el usuario visor solamente puede visualizar y realizar consultas con el gestor. Cuando un usuario se registra en la plataforma del gestor es puesto como usuario tipo Visor. Si desea agregar información lo debe solicitar a alguno de los usuarios moderadores de la plataforma.

En la Figura 2 se describe el modelo del documento científico que se puede hacer persistir en la

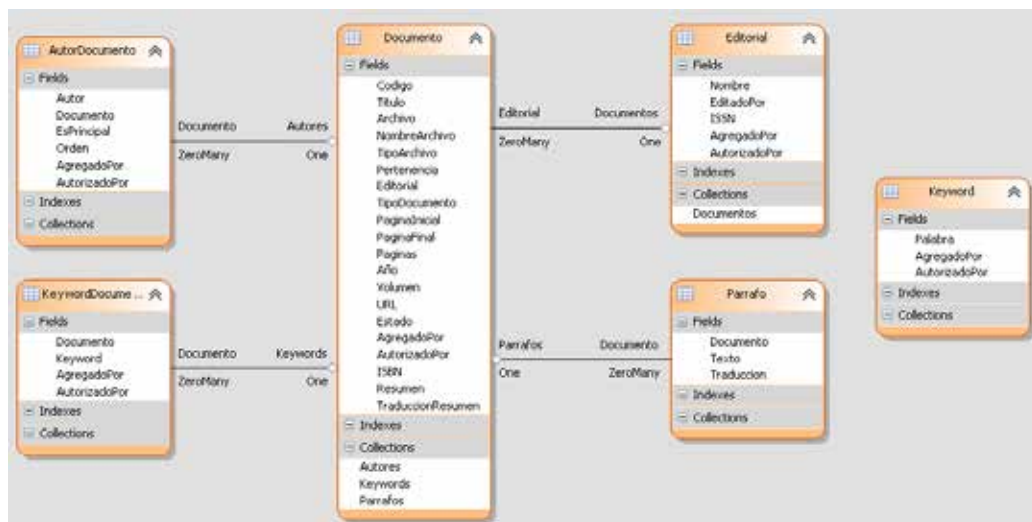


Figura 1. Modelo de persistencia de las clases con sus atributos parte 1/2

plataforma. Este documento puede tener autores relacionados, editoriales relacionadas, keywords o clasificadores relacionados así como también párrafos que se consideren importante el mismo. El modelo del documento permite establecer toda la información necesaria sin importar el tipo de documento de que se trate pudiendo ser entre los más comunes por mencionar algunos: artículos, memorias, libros, sitios web, tesis, monografías, entre otros. Además de la clasificación con la que el documento fue publicado originalmente el usuario puede agregar más clasificadores al documento para facilitar su recuperación con el uso del gestor. Las observaciones o notas que se puedan agregar a los párrafos permiten compartir información adicional producto de la revisión del documento con otros usuarios. El documento puede ser relacionado con la casa editorial si éste es el caso. Se pueden colocar datos como las páginas, el volumen, la dirección web, etc.

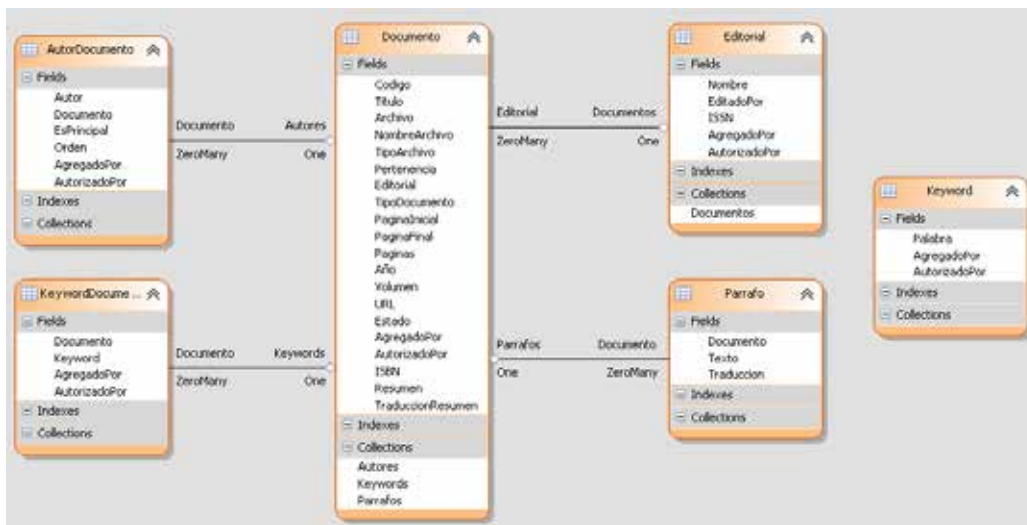


Figura 2. Modelo de persistencia de las clases con sus atributos parte 2/2

## Interface de usuario

Debido a que la plataforma del gestor se pensó que fuera para la web y al mismo tiempo que funcionara en dispositivos móviles entonces se utilizaron colores y estilos de fuente que fueran accesibles a los usuarios sin importar el tamaño o resolución del dispositivo donde se utilice el gestor.

En la Figura 3 y 4 se muestran a manera de ejemplo algunas capturas de pantallas pertenecientes a algunas partes de la plataforma del gestor mostrando los elementos más comunes de la interface de usuario. El elemento común en todas las páginas del gestor es el menú principal de la plataforma. Con este menú el usuario puede acceder a las diferentes opciones de captura y visualización de las entidades que conforman la información de los documentos de la base del conocimiento. Cada página tiene además de manera general un catálogo para seleccionar una entidad y poder editar o eliminar según se requiera. También se cuenta con una serie de comandos que permiten agregar entidades nuevas, aplicar los cambios realizados sobre la entidad seleccionada y eliminar la entidad actualmente seleccionada.

Base del Conocimiento RIDC

Bienvenido(a), zgrife@gmail.com (Miembro)  
Cerrar Sesión

Inicio Instituciones Autores Keywords Editoriales Documentos Consultas Configuración

Menú principal del Gestor

Institución: 19 - UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Selector de Entidades de tipo Institución

**Datos Generales**

Oid: 19 Agregado Por: zgrife@gmail.com (Miembro)

Pais: México

Nombre\*: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Direccion: AZCAPOTZALCO

Información de la Entidad Institución actualmente seleccionada

+ ✓ X

Botones de Comandos

Figura 3. Página de captura de Instituciones en la plataforma del gestor (vista del cliente). (Fuente elaboración propia)

Como se puede observar en las Figuras 3 y 4 la información desplegada así como la funcionalidad de interacción con las páginas web desplegadas en el explorador web es de uso intuitivo y fácil operación. En todo caso se despliegan mensajes después de cada operación que retroalimentan al usuario acerca del estado final de cada una de ellas. Por ejemplo, si el usuario intenta eliminar un registro que no agregó el mismo, la página desplegará un mensaje diciendo que no se puede eliminar debido a que el usuario que realizó la petición de borrado no coincide con el usuario que dio de alta la información. Esto es una de las reglas básicas de operación de la plataforma. Solo se pueden eliminar registros por el usuario que los dio de alta. A menos que por limpieza el usuario moderador requiera eliminar algún registro específico sin importar la regla.

Base del Conocimiento RIDC

Bienvenido(a), zgrife@gmail.com (Miembro)  
Cerrar Sesión

Inicio Instituciones Autores Keywords Editoriales **Documentos** Consultas Configuración

Documento: 1 - Administracion de los materiales de construcción

**Datos Generales**

Old: 1

Agregado Por: zgrife@gmail.com (Miembro)

Editorial: 3 - Ingenieria - Revista de la Faci

Título: Administracion de los materiales de construcción

Resumen:

Página Inicial: 12    Página Final: 15    Páginas: 4

Año: 2009    Volumen: 14

URL: www.ingenieria.udym.mx

ISBN: asdasd123.1313.123123123

Autores: Zaragoza Grife, Jesús Nicolás Solís Ca

Keywords: Building Information Modeling (BIM), Cr

Nombre Archivo:   
Browse...

Guardar archivo

+    ✓    ✕

Figura 4. Página de captura de Documentos en la plataforma del gestor (vista del cliente). (Fuente elaboración propia)

El uso de la plataforma, ha permitido crear una base del conocimiento acerca de BIM que los miembros de la Red Académica de Diseño Construcción pueden consultar y seguir incrementado. La facilidad de la interface de usuario permite contar con una herramienta de trabajo amigable y que dado que se puede consultar desde cualquier dispositivo que cuente con acceso a internet es posible trabajar con ella prácticamente en cualquier lugar.



## CONCLUSIONES

La plataforma web diseñada y desarrollada para el gestor de persistencia y clasificación de los conocimientos científicos acerca de BIM es un apoyo que brindan las tecnologías de información para la mejora del proceso de adquisición, clasificación y revisión de documentos pertenecientes a ésta área específica del conocimiento.

Asimismo, se fortalece el trabajo en equipo de los miembros de la Red Académica de Diseño Construcción ya que al compartir impresiones, notas y observaciones sobre la información recopilada y clasificada en la plataforma se les permite trabajar con mayor eficiencia en la preparación de documentos científicos tales como artículos o memorias en extenso.

Además de que los usuarios pueden acceder a la plataforma del gestor desde cualquier dispositivo que cuente con una conexión a internet (Tablet, laptop, teléfono, etc.) lo que facilita su uso al trabajar en lugares públicos tales como bibliotecas y librerías en facultades y universidades.

Por último, la plataforma permite extenderse hacia otras áreas o temáticas del conocimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

*Philippe Kruchten, P. "Architectural Blueprints – the "4+1" View Model of Software Architecture": <http://www.cs.ubc.ca/~gregor/teaching/papers/4+1view-architecture.pdf>*

*Microsoft Visual Studio Professional, 2013, EUA, [www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)*

*DXExperience ASP.NET, 13.2, EUA, [www.dxexpress.com](http://www.dxexpress.com)*

*Asynchronous JavaScript And XML (AJAX), [ajax.asp.net/](http://ajax.asp.net/)*

*Extensible Markup Language (XML), [www.w3.org/XML/](http://www.w3.org/XML/)*



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**La implementación de  
tecnologías BIM en  
las asignaturas de  
construcción de los  
programas de  
ingeniería civil**

**Mtro. Gilberto A. Corona Suárez  
Mtro. Romel Gilberto Solís Carcaño  
Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN**



## Implementación de Tecnologías BIM en las asignaturas de construcción de los programas de ingeniería civil.

**Mtro. Gilberto A. Corona Suárez**

csuarez@uady.mx

**Mtro. Romel Gilberto Solís Carcaño**

tulich@uady.mx

**Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez**

selene.audeves@uady.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

### ABSTRACT

This work reports on planning the implementation of BIM (Building Information Modeling) Technologies in the teaching of construction courses in the Civil Engineering Program of the Faculty of Engineering at Universidad Autónoma de Yucatán. During the updating of this Civil Engineering Curriculum the review of the construction courses led to the updating of their contents, including the introduction of the BIM technologies for the learning of these contents. Specific competences were determined for the construction area based on the general competence for this area within the Civil Engineering curriculum: Managing the implementation of construction projects through sustainable use of the required resources, meeting the requirements for time, cost, quality, and safety. Based on the analysis of these competences four construction courses were proposed: Construction Procedures, Project Planning and Organization, Construction Cost Estimating, and Project Execution and Control. The potential applications of BIM technologies were also identified based on the analysis of these competences. Lastly, it was determined how the main uses of BIM models could be used to achieve the competences associated with each of the four proposed courses.

### KEYWORDS

BIM Technologies, Civil Engineering, Construction, Curriculum, Competences.

## **RESUMEN**

En este trabajo se reporta cómo se ha planeado la implementación de las tecnologías BIM (Building Information Modeling) en la enseñanza de las asignaturas de construcción del plan de estudios de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Se aprovechó la ocasión de la actualización de dicho plan de estudios para revisar estas asignaturas, actualizar sus programas e introducir el uso de tecnologías BIM en el aprendizaje de los temas tratados. Partiendo de la competencia general de egreso para el área de construcción del plan de estudios de Ingeniería Civil: Administrar la ejecución de los proyectos de construcción a través del uso sustentable de los recursos requeridos, cumpliendo con el tiempo, costo, calidad, y seguridad establecidos, se plantearon competencias más específicas para esta área. Procedimientos de Construcción, Planeación y Organización de Proyectos, Estimación de Costos de Construcción, y Ejecución y Control de Proyectos son las cuatro materias que resultaron del análisis estas competencias. Con base en un análisis también se identificaron las potenciales aplicaciones de las tecnologías BIM en el logro de estas competencias. Al final se pudo determinar cómo los principales usos de los modelos BIM podrían servir para el logro de las competencias asociadas a cada una de las cuatro asignaturas analizadas.

## **PALABRAS CLAVE**

Tecnologías BIM, Ingeniería Civil, Construcción, Plan de Estudios, Competencias.

## INTRODUCCIÓN

Building Information Modeling (BIM) representa un cambio de paradigma para la industria de la construcción y todos los ingenieros civiles que participan en ella, porque permite una comunicación integral y precisa de la información de la ingeniería sin la necesidad de planos detallados del proyecto. Organizaciones de profesionales y de la industria de la construcción, tales como la del Instituto Americano de Arquitectos y la de los Contratistas Generales Asociados, han publicado guías para la implementación de esta tecnología así como formatos de contratación apropiados. Los beneficios de BIM han sido estudiados y evaluados en la práctica de la arquitectura (Birx 2005), en la ingeniería estructural (Sacks y Barak 2008), en la construcción (Khazode et al. 2005), y en la fabricación de estructuras (Sacks et al. 2004). Sin embargo, se puede esperar que el personal capacitado para implementar tecnologías BIM en la industria de la construcción sea escaso ya que su enseñanza en las instituciones educativas aún es limitada. Fox y Hietanen (2007) encontraron que la capacitación es un elemento importante para el uso inter-organizacional de modelos BIM, mientras que otro extenso estudio sobre el uso de BIM determinó que la falta de una adecuada capacitación es el impedimento más importante para su adopción (Young et al. 2008). Por otro lado, en una mesa de trabajo que incluyó a los principales representantes de la industria de la arquitectura, la ingeniería, y la construcción en los Estados Unidos se identificó que existe una falta de practicantes que estén listos para llevar a esta industria a la era de la tecnología BIM (Hartmann y Fischer 2008). Incluso en países con un largo camino andado en la innovación con BIM, como es el caso de Finlandia, la educación de arquitectos e ingenieros aún está basada en la elaboración de planos y no en la modelación en tres dimensiones (Kiviniemi 2006).

Tomando en cuenta lo anterior, la sentencia es que a menos que BIM sea introducido como un tema fundamental en los planes de estudio de licenciatura en ingeniería civil, los egresados carecerán de las competencias necesarias para servir a una industria de la construcción en la que los modelos tridimensionales (3D) serán el principal medio para expresar y comunicar el diseño de un proyecto. Tal como ha sido propuesto para los cursos de representación gráfica impartidos en los planes de estudio de ingeniería (Branoff et al. 2002), el principio clave es los estudiantes aprendan que el modelo 3D es el centro del proceso de diseño y construcción de un proyecto.

En respuesta a esta necesidad, los profesores del cuerpo académico de Ingeniería de la Construcción (CAIC) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (FIUADY) han planeado la implementación de competencias que permitan a los estudiantes de ingeniería civil aplicar, aunque sea de manera básica, herramientas de la tecnología BIM en la planeación y el control de los proyectos de construcción. En este documento se reporta entonces la planeación realizada para dicho fin.

## OBJETIVO GENERAL

Este trabajo reporta el proceso que el cuerpo académico de Ingeniería de la Construcción de la FIUADY realizó como parte de la planeación para implementar competencias sobre el uso de la tecnología BIM en la planeación y el control de los proyectos de construcción.

## DESARROLLO

Como parte de la implementación del nuevo Modelo Educativo para la Formación Integral (MEFI, 2011) de la Universidad Autónoma de Yucatán, se han estado actualizando los planes de estudio de los programas académicos que se imparten en esta universidad. Esta actualización ha sido guiada por los principios establecidos en el MEFI y uno de ellos se refiere específicamente al aprendizaje basado en competencias; por lo cual se ha hecho necesario que durante el proceso de actualización se establezcan las competencias de egreso de los planes de estudio. De acuerdo con la Guía para la Construcción del Perfil de Egreso (2014) emitida por la UADY para la implementación del MEFI, el proceso que se debió seguir para establecer estas competencias de egreso es el que se muestra en la Figura 1.

Siguiendo los pasos establecidos en la mencionada guía, se identificaron cinco áreas de competencia para la actualización del plan de estudios de la Licenciatura en Ingeniería Civil: Construcción, Estructuras y Materiales, Vías Terrestres y Geotécnia, Hidráulica e Hidrología, y Ciencias Básicas. Al cuerpo académico de Ingeniería de la Construcción le correspondió revisar y actualizar el área de construcción, por lo que este grupo se limitó a definir las competencias de egreso que le deberían corresponder a dicha área. Una vez que se definió la competencia de egreso para el área de construcción, se determinaron los “saberes” correspondientes a tres diferentes categorías: saber hacer, saber conocer, y saber ser. El saber hacer se refiere a aspectos procedimentales ya que expresan habilidades instrumentales (por ejemplo, metodologías, técnicas, algoritmos, entre muchos otros); el saber conocer se refiere a los procesos cognitivos (por ejemplo, conceptos, leyes, teorías, datos, entre otros); mientras que el saber ser se refiere a las actitudes y valores. En la sección de resultados se detallan tanto la competencia de egreso como los saberes definidos por el CAIC.

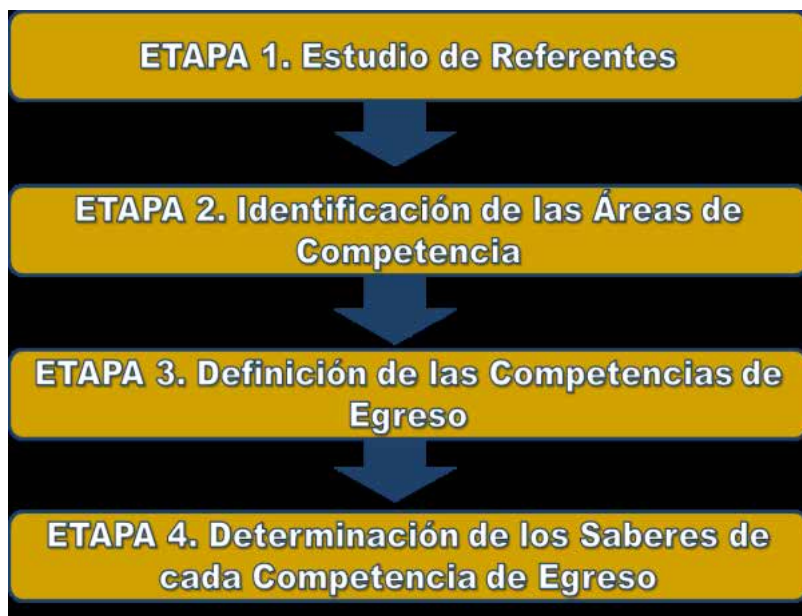


Figura 1. Etapas para la construcción del perfil de egreso.



Como se ilustra en la Figura 2, la definición de los saberes permitió posteriormente determinar las asignaturas que se deberán incluir en el nuevo plan de estudios de la Licenciatura en Ingeniería Civil de la FIUADY para asegurar que los egresados adquieran las competencias relacionadas con el área de construcción. Como se mencionó anteriormente, al CAIC le correspondió revisar y actualizar el área de construcción, por lo que la definición de las competencias sobre el uso de las tecnologías BIM se circunscribió únicamente a los programas de las asignaturas propuestas para esta área. Como se verá en la sección de resultados, fueron cuatro materias las que se propusieron para el área de construcción: Procedimientos de Construcción, Planeación y Organización de Proyectos, Estimación de Costos de Construcción, así como Ejecución y Control de Proyectos.



Figura 2. Definición de las competencias de las asignaturas

Posteriormente, mediante la revisión de bibliografía relevante a la tecnología BIM se identificaron los diferentes usos que se le puede dar al modelo BIM de un proyecto dado. En este proceso fueron especialmente relevantes el Manual BIM de Eastman et al. (2011) y la Guía para la Planeación de la Ejecución de Proyectos con BIM (2010) emitida por The Computer Integrated Construction Research Group de Pennsylvania State University. Una vez identificados estos usos, éstos fueron pertinentemente asociados a las diferentes asignaturas previamente establecidas. De esta manera, se pudo definir las competencias específicas de las cuatro asignaturas mencionadas tomando en cuenta estos usos.

## RESULTADOS

Para la actualización del plan de estudios de la Licenciatura en Ingeniería Civil se identificaron cinco áreas de competencia: Construcción, Estructuras y Materiales, Vías Terrestres y Geotécnia, Hidráulica e Hidrología, y Ciencias Básicas. Al cuerpo académico de Ingeniería de la Construcción le correspondió revisar y actualizar el área de construcción, por lo que este grupo se limitó a definir las competencias de egreso que le deberían corresponder a dicha área. Las competencias de egreso que se definieron para estas áreas son las siguientes:

**Construcción:** Administrar la ejecución de los proyectos de construcción a través del uso sustentable de los recursos requeridos, y procurando cumplir con el tiempo, costo, calidad, y seguridad establecidos.

**Vías Terrestres y Geotecnia:** Diseña sistemas de vías terrestres y determina la capacidad de los suelos como sustento de las obras de infraestructura, de acuerdo con los principios geotécnicos y las herramientas vigentes, considerando la seguridad, la economía y su impacto en la sustentabilidad.

**Estructuras y Materiales:** Diseña elementos y sistemas estructurales para las obras de infraestructura civil, con base en la reglamentación vigente, aplicando conocimientos de matemáticas, cómputo, materiales y mecánica, así como los principios de sustentabilidad, responsabilidad social y ética profesional.

**Hidráulica e Hidrología:** Diseña sistemas de infraestructura hidráulica, incorporando los principios de la responsabilidad social y la ética.

**Ciencias Básicas:** Desarrolla la creatividad, el pensamiento lógico y el pensamiento crítico a través de la solución de problemas, aplicando matemáticas, ciencias experimentales y herramientas computacionales.

Una vez que se definió la competencia de egreso para el área de construcción, se determinaron los saberes correspondientes, los cuales se han enlistado en la Tabla 1. Estos saberes guiaron la determinación de las asignaturas que se deberían incluir en el nuevo plan de estudios de la Licenciatura de Ingeniería Civil para asegurar la adquisición de la competencia de egreso del área de construcción. La Tabla 2 contiene las asignaturas que se formularon con base en la asociación de saberes previamente identificados. En la Tabla 2 también se han incluido los saberes asociados a cada asignatura y la competencia que respectivamente se definió para cada una de éstas.

<b>CONSTRUCCIÓN</b>		
<b>Administra la ejecución de los proyectos de construcción a través del uso sustentable de los recursos requeridos, y procurando cumplir con en el tiempo, costo, calidad, y seguridad establecidos.</b>		
<b>Saber hacer</b>	<b>Saber conocer</b>	<b>Saber ser</b>
<p>Analiza las formas de realizar la transformación de insumos en los sistemas de producción por proyectos, buscando la mejora de la productividad.</p> <p>Analiza los procedimientos de construcción, considerando la seguridad durante su ejecución y la mitigación de sus efectos ambientales.</p> <p>Estima las cantidades de los conceptos de obra asociados a los proyectos de construcción, basándose en los planos y especificaciones de diseño.</p> <p>Planifica el tiempo y la calidad para la ejecución de los proyectos de construcción, de acuerdo a la normatividad aplicable.</p> <p>Organiza eficazmente la ejecución de los proyectos de construcción.</p> <p>Ejecuta los procesos de administración de proyectos de construcción de manera eficiente, utilizando modelos integrados de información y programas de cómputo.</p> <p>Estima de manera precisa los costos asociados a los conceptos de trabajo que incluyen los proyectos de construcción.</p> <p>Elabora los presupuestos de los proyectos de construcción, con base en la estimación detallada de los costos y sobrecostos de los trabajos a realizar.</p> <p>Dirige la ejecución de proyectos de construcción, considerando los objetivos establecidos de tiempo, costo, calidad, seguridad y mitigación ambiental.</p>	<p>Identifica los conceptos de la ingeniería de procesos aplicables a los sistemas de producción por proyectos, buscando la eficiencia de las organizaciones.</p> <p>Explica el funcionamiento de una organización productiva bajo un enfoque de sistemas, considerando las entradas, los procesos, las salidas y los factores del entorno.</p> <p>Identifica los procedimientos de construcción considerando la ejecución de los diferentes tipos proyectos.</p> <p>Reconoce los requerimientos de recursos humanos, materiales y de maquinaria, para la ejecución de los proyectos de construcción.</p> <p>Identifica los recursos informáticos utilizados en la construcción, para la gestión eficiente de los proyectos.</p> <p>Describe las etapas del ciclo de vida de los proyectos de construcción con una visión integral.</p> <p>Describe de manera precisa los procesos requeridos en la gestión de los proyectos de construcción.</p> <p>Describe los factores físicos, sociales y económicos que inciden en la ejecución de los proyectos de construcción.</p> <p>Identifica las relaciones entre los constructores y clientes, de acuerdo a los tipos de contratos aplicables a los proyectos de construcción.</p> <p>Reconoce las fuentes de información relacionadas con la productividad de las actividades de constru-</p>	<p>Incorpora los principios de sustentabilidad en el desarrollo de obras de infraestructura, aplicándolos en todas las etapas de su ciclo de vida.</p> <p>Participa con iniciativa en equipos inter o multidisciplinarios para la solución de problemas de ingeniería civil en los ámbitos local y global.</p> <p>Promueve los principios de responsabilidad social y ética profesional en la solución de problemas de ingeniería, de manera decidida y con liderazgo.</p> <p>Manifiesta empatía hacia las necesidades de los clientes de la construcción, a través de la procuración de obras que cumplan con sus requerimientos de tiempo, costo, calidad, y seguridad.</p>

<p>Controla oportuna y eficazmente el tiempo, costo y calidad de los proyectos de construcción.</p> <p>Aplica la normatividad asociada a los reglamentos locales de construcción para la ejecución de los proyectos, considerando los intereses de los clientes y la sociedad.</p>	<p>cción.</p> <p>Identifica los programas de cómputo utilizados en la gestión de los proyectos de construcción, basado en la tecnología vigente.</p> <p>Reconoce los componentes de los costos asociados a los conceptos de trabajo de construcción, basado en los requerimientos establecidos para un proyecto.</p> <p>Describe de manera precisa los procesos asociados a la gestión de costos de los proyectos de construcción.</p> <p>Identifica los conceptos legales y la normatividad en la ejecución de los proyectos de construcción, considerando su vigencia.</p> <p>Reconoce de manera precisa los procesos asociados a la dirección de los proyectos de construcción.</p> <p>Reconoce los riesgos laborales y las medidas de prevención asociados a la ejecución de los proyectos de construcción, de acuerdo a la normatividad vigente.</p> <p>Identifica los factores ambientales asociados a la ejecución de los proyectos, basado en la normatividad ambiental vigente para la construcción.</p> <p>Reconoce de manera precisa los procesos asociados a la gestión de la calidad en los proyectos de construcción.</p>	
--	---	--

Tabla 1. Desglose de saberes para el área de competencia Construcción.

Saber Hacer	Saber Conocer	Saber Ser	Asignatura	Competencia de la Asignatura
<p>Analiza los procedimientos de construcción y medidas para mitigar sus efectos ambientales en la ejecución de proyectos de construcción, considerando los principales factores involucrados.</p> <p>Implementa de forma segura los procedimientos de construcción y medidas para mitigar sus efectos ambientales en la ejecución de proyectos de construcción.</p> <p>Cuantifica de manera precisa los conceptos de trabajo que incluyen los proyectos de construcción.</p> <p>Utiliza modelos integrados de información y programas de cómputo buscando la realización eficiente de los procesos de administración de los proyectos de construcción.</p>	<p>Identifica de manera completa los procedimientos de construcción que se utilizan en la ejecución de los proyectos.</p> <p>Reconoce de manera completa los requerimientos de recursos humanos, materiales y de maquinaria para la ejecución de los proyectos de construcción.</p> <p>Identifica los recursos informáticos que se utilizan en los proyectos de construcción, con el fin de lograr su gestión integral.</p>	<p>Incorpora los principios de sustentabilidad en el desarrollo de las obras de infraestructura.</p> <p>Respeto los principios de responsabilidad social y ética profesional en la solución de problemas de ingeniería.</p> <p>Participa en equipos inter y/o multidisciplinarios, para la solución de problemas de ingeniería civil, en los ámbitos local y global.</p>	<p><b>Procedimientos de construcción</b></p>	<p>Formular los procedimientos que se utilizan en la construcción de los proyectos, tomando en cuenta los factores de impacto ambiental y de riesgos a la salud.</p>
<p>Planifica el tiempo y la calidad para la ejecución de los proyectos de construcción, tomando en cuenta la normatividad aplicable.</p> <p>Organiza eficazmente la ejecución de los proyectos de construcción.</p> <p>Utiliza modelos integrados de información y programas de cómputo buscando la realización eficiente de los</p>	<p>Describe las etapas del ciclo de vida de los proyectos de construcción con una visión integral.</p> <p>Describe de manera precisa los procesos requeridos en la gestión de los proyectos de construcción.</p> <p>Identifica los recursos informáticos que se utilizan en los proyectos de construcción, con el fin de lograr su gestión integral.</p>	<p>Incorpora los principios de sustentabilidad en el desarrollo de las obras de infraestructura.</p> <p>Participa en equipos inter y/o multidisciplinarios, para la solución de problemas de ingeniería civil, en los ámbitos local y global.</p> <p>Respeto los principios de responsabilidad social y ética profesional en la solución de problemas de ingeniería</p>	<p><b>Planeación y Organización de Proyectos</b></p>	<p>Elabora los planes de tiempo y calidad para la ejecución de proyectos de construcción, tomando en cuenta los factores pertinentes.</p>

<p>procesos de administración de los proyectos de construcción.</p>	<p>Identifica de manera precisa los tipos de relaciones que se establecen entre los constructores y clientes.</p> <p>Reconoce adecuadamente las fuentes que contengan suficiente información sobre la productividad de las actividades de construcción.</p>			
<p>Estima de manera precisa los costos asociados a los conceptos de trabajo que incluyen los proyectos de construcción.</p> <p>Elabora de manera completa los presupuestos de los proyectos de construcción.</p> <p>Utiliza modelos integrados de información y programas de cómputo buscando la realización eficiente de los procesos de administración de los proyectos de construcción.</p>	<p>Identifica los programas de cómputo que se utilizan en la gestión de los proyectos de construcción en base a la tecnología vigente.</p> <p>Reconoce de manera integral los componentes de los costos asociados a los conceptos de trabajo que incluyen los proyectos de construcción.</p> <p>Reconoce adecuadamente las fuentes que contengan suficiente información sobre la productividad de las actividades de construcción.</p> <p>Describe de manera precisa los procesos asociados a la gestión de costos de los proyectos de construcción.</p> <p>Describe de manera completa y oportuna los factores físicos, sociales y económicos que inciden en la ejecución de los proyectos de construcción.</p>	<p>Participa en equipos inter y/o multidisciplinarios, para la solución de problemas de ingeniería civil, en los ámbitos local y global.</p> <p>Respeto los principios de responsabilidad social y ética profesional en la solución de problemas de ingeniería.</p> <p>Incorpora los principios de sustentabilidad en el desarrollo de las obras de infraestructura.</p>	<p><b>Estimación de costos de construcción</b></p>	<p>Elabora presupuestos para la ejecución de proyectos construcción integrando de manera pertinente los costos asociados.</p>

<p>Dirige la ejecución de proyectos de construcción para asegurar el logro de sus objetivos de tiempo, costo, calidad, seguridad y mitigación ambiental.</p> <p>Controla oportuna y eficazmente el tiempo, costo y calidad de los proyectos de construcción.</p> <p>Aplica la normatividad durante la ejecución de los proyectos de construcción buscando salvaguardar los intereses de la sociedad.</p> <p>Utiliza modelos integrados de información y programas de cómputo buscando la realización eficiente de los procesos de administración de los proyectos de construcción.</p>	<p>Identifica los conceptos legales y la normatividad que aplican en la ejecución de los proyectos de construcción, teniendo en cuenta su vigencia.</p> <p>Identifica los programas de cómputo que se utilizan en la gestión de los proyectos de construcción en base a la tecnología vigente.</p> <p>Reconoce de manera precisa los procesos asociados a la dirección de los proyectos de construcción.</p> <p>Reconoce los riesgos laborales y las medidas de prevención asociados a la ejecución de los proyectos de construcción, en base a la normatividad vigente.</p> <p>Identifica de manera completa los factores ambientales asociados a la ejecución de los proyectos de construcción.</p> <p>Reconoce de manera precisa los procesos asociados a la gestión de la calidad en los proyectos de construcción.</p>	<p>Incorpora los principios de sustentabilidad en el desarrollo de las obras de infraestructura.</p> <p>Participa en equipos inter y/o multidisciplinarios, para la solución de problemas de ingeniería civil, en los ámbitos local y global.</p> <p>Respeto los principios de responsabilidad social y ética profesional en la solución de problemas de ingeniería.</p>	<p><b>Ejecución y control de proyectos</b></p>	<p>Implementa los planes de ejecución establecidos para los proyectos de construcción, asegurando el cumplimiento de sus objetivos de tiempo, costo, calidad, seguridad y mitigación ambiental</p>
--	---	--	--	--

Tabla 2. Determinación de las asignaturas del área de Construcción con base en los saberes establecidos

Finalmente, con base en la revisión de la bibliografía se identificaron, como previamente se explicó, los usos de los modelos BIM, los cuales posteriormente fueron asociados a las asignaturas establecidas. En la Tabla 3 se enlistan estas asignaturas junto con los usos que correspondientemente se les asociaron. Estos usos fueron identificados de la Guía para la Ejecución del Proyecto mediante BIM (2010) emitida por *The Computer Integrated Construction Research Group* de *The Pennsylvania State University*, así como del Manual BIM preparado por Eastman et al. (2011).

Asignaturas	Usos BIM	Descripción del Uso
Procedimientos de Construcción	Fabricación digital	Proceso que utiliza información digitalizada para facilitar la fabricación de los materiales o elementos de la construcción. Este proceso ayuda a asegurar que la manufactura de los elementos fabricados fuera del sitio de construcción cuente con la información suficiente para realizarla con el mínimo de ambigüedades y de desperdicios. Con la tecnología adecuada, un modelo también podría utilizarse para planear el montaje de los elementos prefabricados.
	Diseño del sistema de construcción	Proceso en el que se emplea software para diseño de sistemas en 3D para diseñar y analizar la construcción de una edificación compleja con sus diferentes sistemas (por ejemplo: cimbra, acristalamiento, andamiaje, etc.) y facilitar su planeación.
	Reducción de errores de diseño	Proceso en el cual herramientas BIM pueden ser utilizadas para detectar las interferencias entre los diversos sistemas del proyecto, las cuales son errores comúnmente cometidos durante la fase de diseño. Durante este proceso se puede identificar la superposición de dos o más elementos y prevenir altos sobrecostos durante la etapa de construcción.
Planeación y Organización de Proyectos	Planeación de las fases de construcción (Modelación 4D)	Proceso en el que un modelo 4D (modelo 3D al que se ha agregado la dimensión de tiempo) es utilizado para planear efectivamente la secuencia de las actividades de construcción y los requerimientos de espacio en el sitio de edificación. La modelación 4D es una poderosa herramienta para la visualización y comunicación del proyecto, que puede dar a los participantes en la construcción, incluyendo el cliente, un mejor entendimiento de los puntos clave del proyecto y los planes de construcción.
Estimación de costos	Estimación de costos (cuantificación)	Proceso en el que BIM puede ser utilizado para apoyar la cuantificación precisa de los volúmenes de los conceptos de trabajo y la estimación de sus costos a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. Este proceso permite ver los efectos sobre el costo que tienen los cambios en el proyecto, durante todas las fases del proyecto. Esto puede ayudar a controlar los sobrecostos más excesivos debidos a modificaciones en el proyecto.
Ejecución y Control de Proyectos	Planificación de la utilización del sitio	Proceso en el que BIM es utilizado para representar gráficamente tanto las instalaciones permanentes como las temporales en el sitio, durante las múltiples fases del proceso de construcción. El modelo desarrollado para esta planeación podría también ser ligado con el programa de actividades de construcción, con el fin de comunicar los requerimientos de espacio y secuencia de los trabajos. Otra información que se puede agregar a este modelo puede incluir los recursos de mano de obra, materiales con sus correspondientes entregas y ubicaciones en el sitio, y la localización de la maquinaria y equipos.



<b>Ejecución y Control de Proyectos</b>	<b>Planificación de desastres</b>	Proceso mediante el cual los servicios de emergencia tendrían acceso a la información relevante sobre las instalaciones en la forma de un modelo y sistema de información. El modelo BIM del proyecto podría proveer información crítica que mejoraría la eficiencia de las operaciones de emergencia y minimizaría los riesgos de accidentes, tal como el lugar preciso de la emergencia, las posibles rutas de acceso al área, y otras ubicaciones peligrosas dentro de las instalaciones.
	<b>Control del costo y del programa</b>	Proceso mediante el cual software BIM puede ayudar a gestionar y reportar el estado del proyecto durante la construcción, lo cual puede incluir desde el control del costo y el programa hasta el control de la contabilidad, la procuración, los pagos, etc. Esto es posible ya que los modelos BIM contienen información detallada de las cantidades y de otros parámetros de los elementos constructivos que puede ser ligada a otras aplicaciones. Además, los contratistas y otras partes involucradas pueden obtener nuevo conocimiento sobre el estado del proyecto mediante la utilización de modelos gráficos que permiten analizar visualmente el avance en los trabajos y resaltar problemas potenciales o ya existentes.
	<b>Modelación para dejar constancia de los trabajos realmente realizados</b>	Proceso utilizado para realizar una representación precisa de las condiciones físicas, el entorno, y los bienes de las instalaciones. El modelo resultante de este proceso debe, como mínimo, contener información relacionada con los elementos arquitectónicos, estructurales, y de las instalaciones mecánicas, eléctricas y de plomería. Este proceso es la culminación de toda la modelación BIM realizada a lo largo del proyecto, e incluye realizar la liga de los datos para la operación, mantenimiento, y gestión de instalaciones con el modelo "As-Built" que es entregado al cliente o a los administradores de las instalaciones. Podría ser necesario agregar también la información sobre el equipamiento y los sistemas, en caso de que los operadores del edificio pretendan utilizar esta información en el futuro.

Tabla 3. Usos de los modelos BIM asociados a la construcción.

## Conclusiones

- Es indispensable que los alumnos que egresan de los programas de Ingeniería Civil adquieran competencias en cuanto al uso de las tecnologías BIM
- El plan para implementar la enseñanza de tecnologías BIM en el programa de Ing. Civil de la FIUADY es limitado, ya que solamente se ha previsto implementar en el área de construcción.
- Este plan también es limitado pues no considera hasta ahora la interacción con la etapa de diseño de los proyectos.
- Otras áreas de competencias del programa de Ing. Civil aún no consideran su implementación, así como tampoco los otros programas de la FIUADY.

## BIBLIOGRAFÍA

Birx, G. W. (2005). "BIM evokes revolutionary changes to architecture practice at Ayers/Saint/Gross." *AIArchitect, The American Institute of Architects*, Vol. 12.

Branoff, T. J., Hartman, N. W., y Wiebe, E. N. (2002). "Constraint based, three-dimensional solid modeling in an introductory engineering graphics course: Re-examining the curriculum." *Engineering Graphics Journal*, Vol. 66, No. 1, pp. 5–10.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. y Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, Segunda Edición. John Wiley & Sons: Hoboken, New Jersey.

Fox, S. y Hietanen, J. (2007). "Interorganizational use of building information models: Potential for automational, informational and transformational effects." *Construction Management and Economics*, Vol. 25, No. 3, pp. 289–296.

*Guía para la Planeación de la Ejecución de Proyectos con BIM (Building Information Modeling Project Execution Planning Guide) (2010)*. The Computer Integrated Construction Research Group, The Pennsylvania State University.

*Guía para la Construcción del Perfil de Egreso (2014)*. Universidad Autónoma de Yucatán.

Hartmann, T. y Fischer, M. (2008). "Applications of BIM and hurdles for widespread adoption of BIM 2007 AISC-ACCL eConstruction roundtable event report." Rep. No. WP105, Center for Integrated Facility Engineering, Stanford, Calif.  
(<http://cife.stanford.edu/online.publications/WP105.pdf>) (Sept. 18, 2008), p. 17.

Khanzode, A., Fischer, M., y Reed, D. (2005). "Case study of the implementation of the lean project delivery system (LPDS) using virtual building technologies on a large healthcare project." *Procedures of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction*, R. Kenley, ed., UNSW, Sydney, Australia, pp. 153–160.

Kiviniemi, A. (2006). "Adopting innovation: Building information models in the Finnish real estate and construction industry." *Clients driving innovation: Moving ideas into practice*, Cooperative Research Centre (CRC) for Construction Innovation, Queensland University of Technology, Gold Coast Conf., pp. 1–17.

MEFI – Modelo Educativo para la Formación Integral (2011). Universidad Autónoma de Yucatán.

Sacks, R. y Barak, R. (2008). "Impact of three-dimensional parametric modeling of buildings on productivity in structural engineering practice." *Automation in Construction*, Vol. 17, No. 4, pp. 439–449.

Sacks, R. y Barak, R. (2010). "Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education", *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, Vol. 136, No. 1, pp. 30-38.

Sacks, R., Eastman, C. M., y Lee, G. (2004). "Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete." *Automation in Construction*, Vol. 13, pp. 291–312.

Young, N. W., Jones, S. A. y Bernstein, H. M. (2008). *SmartMarket report on building information modeling (BIM): Transforming design and construction to achieve greater industry productivity*, McGraw-Hill, New York.



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

# **BIM en la UAM**

**Arq. César Jorge Carpio Utrilla  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**



# BIM en la UAM

**Arq. César Jorge Carpio Utrilla**  
cju@correo.azc.uam.mx  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

## ABSTRACT

During the Project development inside the workshop, you must take care of the defects probability when implementing it, researchers insists that a big rate of defects originate from actions and decisions taken at the design stages.

The actual procedures fails the standards of cost, time, quality, safeness and sustainability caused by the differences between design and construction.

This report reviews the existing problematic and proposes the BIM (Building Information Modeling), It uses different software that not always are compatible between them or there are not related with the design activities, Civil engineering or constructive and they allows the architect manage the different architectonic work stages at the same time. This methodology, which is already used in other countries and reduces the defects to its minimal expression, also the methodology presents huge advantages inside the architecture education, because it allows the interaction between different specialists when developing a project, reaching the quality and all the standards requested.

## KEYWORDS

Defects, actions and decisions, construction standard, interaction specialists, advantages inside the architecture education, building modeling with different kind of software

## **RESUMEN**

Durante el desarrollo del proyecto ejecutivo en taller, se tiene que tomar en cuenta la posibilidad de que éste presente defectos importantes en el momento de llevarlo a su realización, investigadores han insistido que porcentajes importantes de ellos tienen sus orígenes en decisiones y acciones tomadas durante las etapas de diseño. Los procedimientos actuales no logran los estándares en costo, tiempo, calidad, seguridad y sustentabilidad que se requieren debido al divorcio que existe entre el diseño y la construcción.

En este trabajo se examina la problemática existente y se propone una metodología BIM (Building Information Modeling), que utiliza diferentes programas de software, no siempre compatibles entre sí, o no relacionadas a las actividades de Diseño, Ingeniería Civil o constructivas, y que permiten al Arquitecto administrar las diferentes etapas del trabajo arquitectónico. A su vez, ésta es una Metodología ya utilizada en otros países que reduce los defectos de todo tipo a su mínima expresión, la metodología presenta grandes ventajas en cuanto a la enseñanza en arquitectura, porque permite que interactúen distintos especialistas en la realización del proyecto, logrando la calidad y demás estándares solicitados.

## **PALABRAS DE LA CLAVE**

Defectos, decisiones y acciones, estándares constructivos, interacción. acciones, modelado edificios con programas de software diversos, ventajas en la enseñanza de la arquitectura.



## INTRODUCCIÓN

En arquitectura, un proyecto puede contener más de quinientos conceptos que van desde el reconocimiento y rectificación o ratificación de las características del terreno hasta la inspección del control de calidad de lo realizado, actividades y documentos que se almacenan en diferentes programas de software no siempre compatibles, que al finalizar los trabajos de diseño el arquitecto integra en una serie de planos y documentos que son revisados en una junta general entre diseñadores y realizadores y en la que cada uno de los involucrados en el proyecto deberá opinar sobre cualquier elemento que parezca confuso o poco claro, presente errores o deficiencias o falta de claridad de los mismos.

Sin embargo, a través de los años arquitectos e ingenieros han manifestado su descontento ante los resultados en las obras realizadas, y aquí presentamos lo que algunos investigadores opinan sobre el particular. Tomando en cuenta las opiniones aquí expresadas, los estudios que vienen realizando investigadores de la Red Diseño Construcción han encontrado que el avance en los medios de computación manejados adecuadamente, están en la posibilidad de aportar procedimientos para delimitar los problemas y ofrecer software que reduzca o minimice la presencia de tales defectos, errores, omisiones y demás, que tantos problemas generan a los involucrados en el desarrollo arquitectónico.

El avance tecnológico de los últimos cincuenta años ha revolucionado no solo la forma de enseñar sino también la de construir tanto en países desarrollados como en los países en vías de desarrollo. Cuando los planos se hacían a mano, el sueño de todo arquitecto era tener una máquina sobre el plano que escribiera directamente sobre el papel.

Ahora los diseñadores con la computadora escriben, dibujan, analizan, programan, realizan secciones estructurales con armados y detalles, proponen instalaciones y equipos, presentan calendarios de trabajo, presupuestos, cotizaciones y todo lo que se requiere para materializar un proyecto de arquitectura, lo presentan en el monitor y con un clic imprimen planos, documentos, gráficas, etcétera.

Pero... ¿Cuál es el estado del arte de construir?

## OBJETIVO GENERAL

Integrar los archivos de los diferentes estudios y programas de software (diseño de las instalaciones, cálculo de la o las estructuras, presupuestos, calendario de barras) en un solo documento que contenga los conocimientos y la experiencia de los realizadores sobre las etapas de diseño y la construcción a través de una nueva metodología, BIM (Building Information Modeling). Conocimientos y experiencias que forman parte del acervo profesional de los integrantes de los Cuerpos Académicos de la Red de Investigación. Beneficiar a los Cuerpos Académicos en las licenciaturas y posgrados de Arquitectura, Ingeniería, Diseño Gráfico e Industrial, al contar con una experiencia de aplicación del conocimiento orientada a la integración del diseño y la construcción. Con el fin último de aplicarlas

a la docencia en la enseñanza del diseño, la construcción, la administración y el control de los procesos.

## OBJETIVO ESPECÍFICO

Crear una base dinámica de conocimientos sobre la integración del diseño y la construcción aplicables tanto a Ingeniería como a Arquitectura y Diseño. Desarrollar un marco de referencia que propicie de una manera práctica la integración del diseño y la construcción y sea aplicable a la docencia en las distintas universidades del país y de las extranjeras involucradas en la Red. Así como la difusión y enriquecimiento de la base de conocimientos sobre la integración del diseño y la construcción.

## DESARROLLO

### El arte de construir

Realizar un plano a mano lleva de 15 a 20 horas, ¿y en la computadora? Hasta el doble, bueno, la computadora tiene otras ventajas; si se quita la calidad de muros se puede indicar la instalación hidráulica o si se tiene plantas, cortes y fachadas, la máquina realiza la o las perspectivas.

Si, pero no siempre el cliente está dispuesto a esperar. **¿Cuál es la realidad entonces?**

Desde el punto de vista del arquitecto:

- La comunicación. En una empresa, la gerencia solicita el desarrollo de un proyecto determinado, el jefe de proyectos realiza lo solicitado y entrega al taller de dibujo el anteproyecto del mismo. En el desarrollo de estas actividades existen otras involucradas, que de no llevarse a cabo en tiempo, generarán los primeros errores del proyecto. Errores tales como: no verificar en el terreno pendientes, desniveles, espacio disponible, la existencia de barrancas, arroyos, paso de instalaciones, carreteras con derecho de vía, etcétera.
- Control de la ejecución del proyecto y el tiempo. La comunicación con los realizadores del proyecto ejecutivo –dibujantes, especialistas, ingenieros, etcétera- de parte del o los responsables del proyecto deberá ser continua, rápida y expedita, ayudando a resolver problemas, aclarando dudas, indicando qué debe aparecer en el documento correspondiente, esto reduce el tiempo de ejecución y los errores hasta en un 30%.
- Compromiso y calidad del ejecutor. La experiencia y habilidad del dibujante o ejecutor del plano o documento para la actividad anterior resulta fundamental en ésta etapa, por ejemplo tamaño de las cotas, ejes, indicaciones varias, número y localización de cotas, calidad de dibujo, intensidad de líneas, escala utilizada, cuadro de datos, simbologías utilizadas, tablas, diagramas, y toda aquella información que permita el mejor entendimiento del documento. Esto es importante cuando el o los dibujantes se inician en la empresa.
- Conocimiento de las necesidades del proyecto. Este es un punto crucial para el buen desarrollo

del proyecto ejecutivo y una obra arquitectónica de calidad. Evita por ejemplo, que el ingeniero en aire acondicionado atraviese travesaños y columnas del edificio, poniendo en riesgo su estabilidad – caída del Banco de Nicaragua, sismo de 1979<sup>1</sup> - No puede entregarse el documento sin la revisión previa del Departamento de Ingeniería.

- Conocimiento de las especialidades involucradas. No podemos realizar el plan de una escalera mecánica, sin el conocimiento de las necesidades del equipo, espacios requeridos tanto vertical como horizontalmente, toma de energía, funcionamiento, tiempo disponible y todos los trabajos de colocación y puesta en marcha del equipo, preparaciones y terminaciones requeridas en el edificio.
- Realizar evaluaciones aplicables a otros casos y a otros proyectos. Retroalimentación conjunta. La empresa deberá evaluar todo el trabajo, de principio a fin, lo bueno y lo malo, ya que tanto las experiencias obtenidas como la información sobre procedimientos, materiales y equipos facilitarán el trabajo futuro, reduciendo tiempos, costos y trabajos, obteniendo productos de mejor calidad.

En cuanto a los constructores:

- La industria considera por separado el diseño de la construcción. Algunas empresas desarrollan el proyecto ejecutivo completo pero tienen poca o ninguna relación con las empresas constructoras, en otras, el departamento de proyectos se encuentra en otro edificio o incluso en otra parte de la ciudad, obstaculizando la comunicación y a veces invirtiendo el orden de las comunicaciones entre las partes.

En 1975 realizábamos en la Dirección General de Habitación Popular el proyecto del Conjunto Habitacional “Ejército de Oriente” a ubicar en la Calzada Zaragoza, saliendo hacia la ciudad de Puebla, el Departamento de Ingeniería consideró elevar el terreno del conjunto de 60 a 80 centímetros para conectar la red sanitaria al colector de la avenida, al enterarse, el Director realizó una visita al desarrollo y canceló dicho trabajo. Años después una tromba inundó el conjunto y destruyó los bienes de sus habitantes.

- Varios investigadores en trabajos publicados señalan desde los años setentas porcentajes importantes de defectos cuyos orígenes se encuentran en decisiones y acciones tomadas durante las etapas de diseño. No es de extrañar por lo ya dicho en los puntos anteriores que el resultado sea un proyecto constructivo con defectos de cierta importancia, proyectos incompletos, con información incompleta o poco realista, etcétera.
- Los procedimientos actuales no logran los estándares en costo, tiempo, calidad, seguridad y sustentabilidad que se requieren (Solís Carcaño, Congreso Internacional Diseño Construcción, junio 3 2013). Sobre este particular, en la vivienda de interés social no es difícil encontrar vigas de losas nervadas rotas por insuficiencia de cimbra de apoyo, pisos de cemento pulido con huellas de los trabajadores, bastante común tubos de ventilación inservibles, llenos de basura, etcétera.

---

1 Para mayor detalle, ver la revista IMCYC. 1980.

Por lo tanto, la separación de diseño y construcción redundante en:

- Producción inestable e insuficiente. Estas empresas destinarán tiempo, dinero y esfuerzos adicionales para corregir las anomalías, reduciéndose las oportunidades de realizar nuevas obras, no solo por lo ya mencionado, sino por que denotan una falta de organización necesaria en la realización de este tipo de obras.
- Altos niveles de ineficiencia. Alta incertidumbre y bajas utilidades. Rechazo de trabajos vueltos a realizar. Niveles importantes de desperdicio. (Vrijhoef, 75<sup>1</sup>). A ello habrá que agregar que el desconocimiento de algunas empresas de nuevos materiales y/o procedimientos constructivos terminan con la aplicación de sistemas constructivos inadecuados, tal es el caso de casas de interés social con cimientos de piedra o losas de azotea sin refuerzo integral de fibras de polipropileno.
- Un diseño escueto (con el mínimo de información) e incompleto impacta fuertemente en la calidad, el costo, el tiempo y en ocasiones en la seguridad en el producto, (en el nivel de eficiencia durante la producción. Ferguson 1989) Este es un error bastante frecuente en empresas pequeñas o de reciente creación.
- Josephson señala en 1996 que los defectos originados en los procesos del diseño son los más significativos, medidos en términos de costos. Por ejemplo, no considerar que un desnivel de la calle hacia arriba que amerite la realización de una escalera completa significará la colocación de elevadores en edificios de cinco niveles con escaleras.
- El investigador Sverlinger en 1996 determinó que las causas más frecuentes que originan severas desviaciones durante el diseño son debidas a: Deficiencias en la distribución o en la planeación de los espacios, deficiencias en los recursos materiales y humanos, o falta de información, y a cambios continuos durante el proceso.
- Los impactos debidos a cambios durante el proceso de diseño no son claramente entendidos y casi nunca se les da el reconocimiento que merecen, en cuanto a costo y tiempo. Curiosamente, no sólo para algunos clientes sino también para algunos profesionistas, el pago de un proyecto muy detallado no entra dentro de la planeación de sus actividades, considerándolo como un gasto superfluo, innecesario para la realización del mismo.
- Las horas invertidas por los diseñadores en los cambios han sido estimadas entre un 40 y 50% del número de horas invertidas en un proyecto (Koskela, 1992). No hace falta abundar en la explicación precedente.
- En los países latinoamericanos se estima entre un 20 y un 25% del total del tiempo de la etapa de construcción el que se pierde o es improductivo debido a deficiencias en el diseño (Undurraga, 1996<sup>2</sup>). En 1972 una empresa dedicada a la prefabricación solicitó a la Dirección General de

2 Investigadores encerrados entre paréntesis, indican los trabajos utilizados. Durante el desarrollo de ésta investigación durante los últimos tres años.

3 Investigadores encerrados en paréntesis, indican los trabajos utilizados. Durante el desarrollo de

Habitación Popular del D D F, -en donde el que relata trabajaba- permiso para entrar al programa de vivienda de interés social, mi oficina le asignó dos proyectos a realizar como prototipos en una nueva unidad habitacional “picos de Iztacalco”.

Pasado un tiempo razonable, el no tener noticias de ellos nos llevó a investigar qué estaban haciendo con los proyectos encomendados, encontramos las casas ya con las dos plantas realizadas, pero con los muros sin terminar, no habían materiales equipos ni personal, evidentemente abandonadas, en la parte trasera un montículo de escombros de muros, sobre una plataforma de concreto se encontraba un muro terminado si remover, lo habían colado totalmente invertido al punto de fijación -la casa con techo a dos aguas- ¡la pendiente colada en el muro estaba invertida!

Para muchas constructoras la principal fuente de conflictos en la ejecución de obras, son los continuos cambios en el proyecto, afectando la calidad y la productividad y teniendo un impacto negativo en los tiempos de ejecución y los costos de los proyectos.

Resolver esta problemática no es simple como puede verse, sin embargo con el avance tecnológico, la aparición de las computadoras y la constante generación de programas que apoyan el desarrollo de las ciencias, aunado a la velocidad de trabajo de las nuevas computadoras que raya en lo inimaginable, países como Alemania, Estados Unidos o Chile, están desarrollando nuevos métodos de trabajo que permiten no perder de vista los puntos neurálgicos del proyecto y la realización.

Se trata de una nueva metodología, BIM -Building information modeling-, que da continuidad a los trabajos iniciados por la Red Diseño Construcción con la metodología Cinco en 2009, software generado ya hace algunos años y que Autodesk como otras empresas, permite la integración de la información de cada uno de los componentes a través de RVT y de “Familias” como “*Estructural Design*” en un solo documento y los presenta como información contenida en un modelo virtual en 3D.

Presentando tanto información física como paramétrica por ejemplo el estudio del espacio disponible con equipos de rayos láser en tiempo real en diferentes etapas de realización. Debido a la reducción casi a cero de errores, pérdidas de tiempo, desperdicio de materiales y otras bondades como la eliminación de la corrupción -los avances y toda la información correspondiente pueden presentarse en tiempo real, es decir al mismo tiempo que se lleva a efecto- dichos países han optado por la realización de obra pública **sólo con esta metodología**.

Con éstas ideas en común la Red Académica Diseño-Construcción, compuesta por el Cuerpo Académico (CA) “Ingeniería de la Construcción” como Líder, de la División de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), El Área de Investigación de “Administración y Tecnología para el Diseño” de la División de Ciencias y Artes para el Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco (UAM-A) y el Grupo de Investigación “Master Builder” del Worcester Polytechnic Institute (WPI), (EUA).

En una reunión específica, las tres Áreas de Investigación acordaron realizar la investigación sobre BIM aplicada a un proyecto común a las tres Instituciones Educativas. El proyecto permitiría la realización de un Manual práctico que puede ser utilizado por los equipos de un proyecto para diseñar

---

ésta investigación durante los últimos tres años.

su estrategia de implementación BIM y desarrollar un plan de ejecución del proyecto.

Este Manual puede ser implementado no sólo para la enseñanza en las Universidades, sino para toda la Industria AICPO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción, Propietario y Operador), AECO por sus siglas en inglés, para mejorar la eficiencia y la eficacia de la aplicación BIM en proyectos. Se definió un procedimiento de ejecución del proyecto bajo los siguientes puntos:

- 1.- Identificar los objetivos de BIM y sus usos.
- 2.- Diseñar el proceso de ejecución del proyecto BIM
- 3.- Definir cómo realizar los intercambios de información.
- 4.- Definir la infraestructura para la implementación de BIM.

Apoyándose en el documento *Level of Development Specification (LOD)*, que permite a los profesionales de la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y la fiabilidad de los datos contenidos en los modelos BIM para las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos. El LOD define e ilustra las características, los elementos del modelo de diferentes sistemas de construcción considerando cinco niveles de desarrollo.

## RESULTADOS

Se decidió desarrollar un prototipo de aplicación de BIM que permitiera la aplicación de la enseñanza del Diseño y la construcción de manera conjunta es decir, integrando en un solo documento ambas partes, a manera de poder analizar cualesquiera de sus elementos, tanto por la parte del diseño como por la parte de realización. Los integrantes de la red en conjunto concluyeron por generar un prototipo que contara con instalaciones y servicios no muy complejos, en un edificio de pequeñas dimensiones, con el objeto de poder cumplir con los tiempos disponibles y aplicar la metodología.

El edificio debería ser algo útil, aplicable por ejemplo a la UAM Azcapotzalco.

Que debido a problemas de seguridad dentro y fuera de la UAM, y a la necesidad de contar con un prototipo no muy complejo que permitiera aplicar diferentes conceptos que el proyecto de integración de BIM en la enseñanza de la arquitectura que fuese útil a la Unidad. Ésta caseta debería tener un espacio para la enseñanza de la construcción, lo cual se investigó para que cumpliera con los requisitos de la Unidad, como el conocimiento de la escuela, o el conocimiento del suelo.



Figura 1. Propuesta de localización del proyecto, salida sur-poniente de la Unidad

Se inició el desarrollo del catálogo de conceptos y de las especificaciones constructivas generales. Se efectuó el cálculo de las instalaciones y su implementación en los planos correspondientes en plantas y cortes: Proyecto de instalación hidráulica, proyecto de instalación sanitaria y el proyecto de instalación eléctrica.

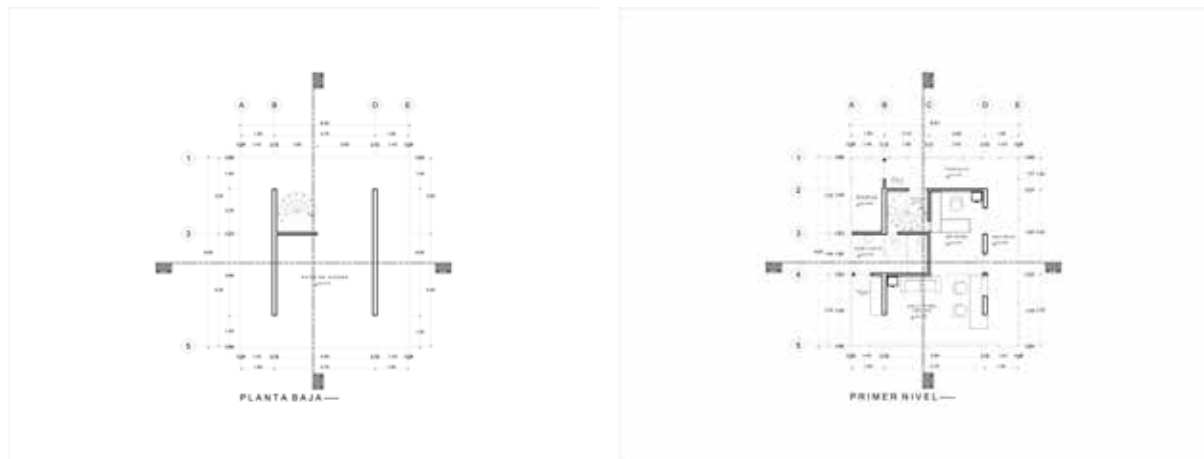


Figura 2. Planta baja y Primer nivel del proyecto de una Caseta de Vigilancia en la UAM Azcapotzalco

Teniendo el proyecto con instalaciones, se pudo avanzar al nivel cuatro (LOD 400) con el desarrollo de la guía mecánica, ligando las instalaciones al mobiliario, al catálogo de muebles, al de especificaciones; dibujando a escala todos los elementos involucrados.

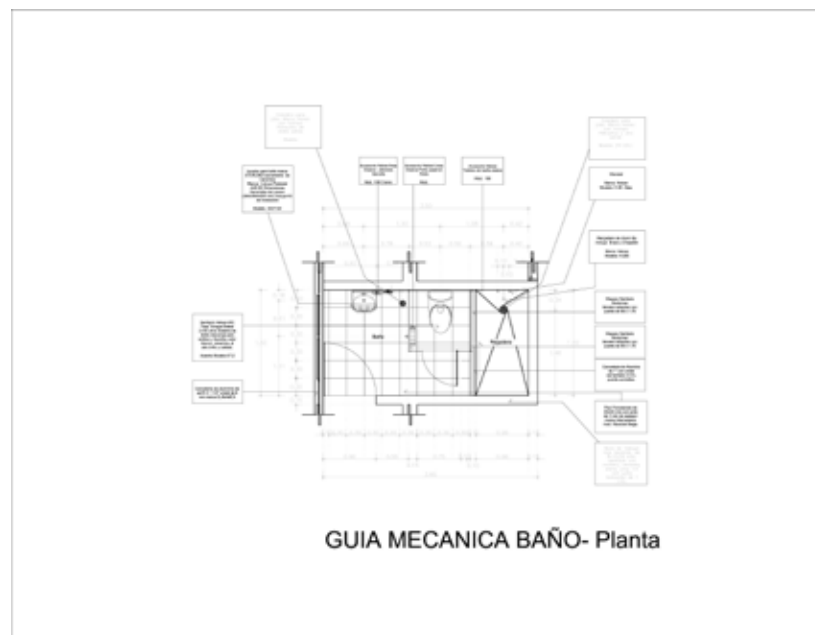
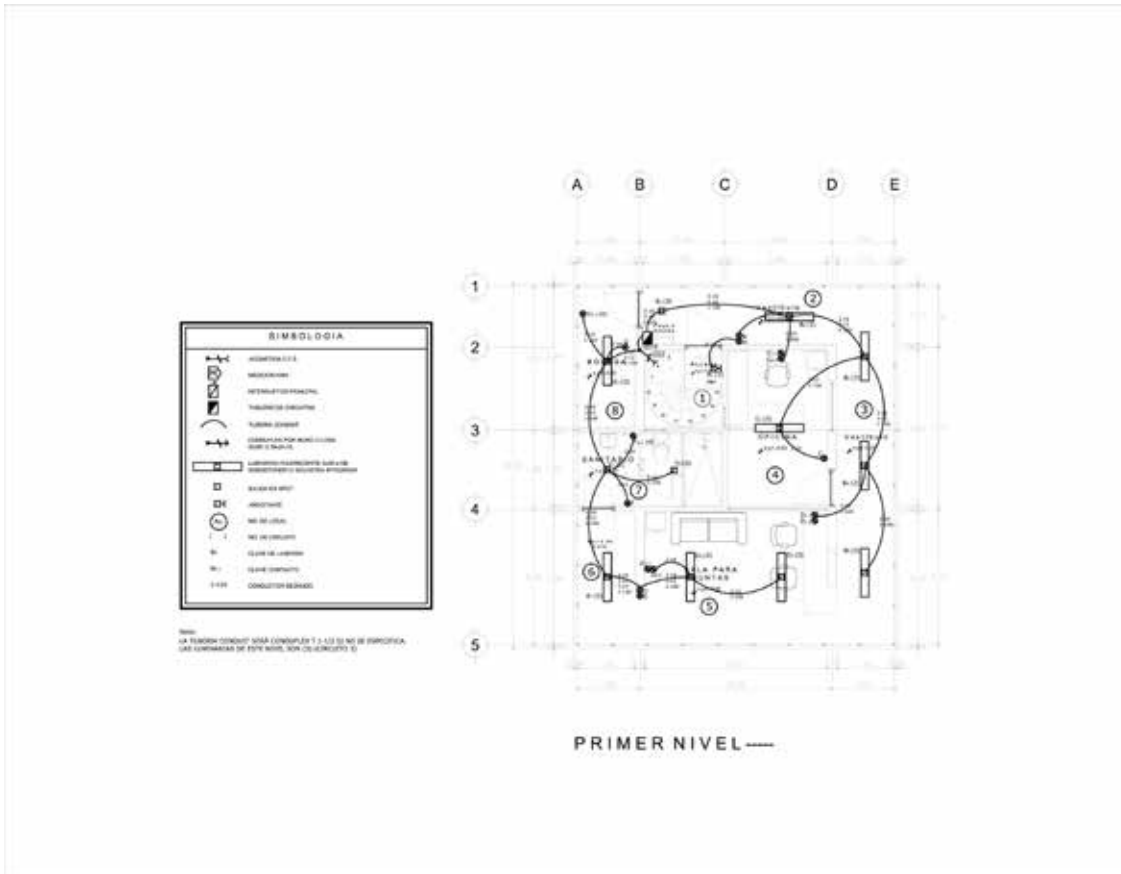


Figura 3. Guía mecánica de baño. Proyecto Caseta de vigilancia.



Al realizar el proyecto estructural, en este caso de la planta de entresuelo, el mismo programa permite cuantificar acero y concreto, con lo que se obtiene la información de forma inmediata al pasar a 3D. Se diseñaron 8 detalles constructivos.

Se realizó el estudio de fachadas y acabados y se dibujaron los planos correspondientes, tanto de plantas como de cortes y fachadas, así como de las especificaciones constructivas y su migración a 3D.

Con un nuevo programa se mejoró la calidad de la perspectiva en RVT en cada una de las orientaciones. Rediseño de la fachada principal y laterales. Se realizó el estudio de orientación con la monte Solar. Se realizó la ambientación respetando los elementos reales del sitio.

Se eligieron los equipos y mobiliario de acuerdo a catálogos disponibles y se documentó en los planos correspondientes de la guía mecánica. También el detallado de guías mecánicas. Se colocaron especificaciones en guía mecánica. Se dividieron los archivos en función de los procesos bidimensionales y tridimensionales para su materialización, por ejemplo, mediante la exportación a un archivo DWG, nativo de Autocad y DXF de intercambio. En el caso del modelo tridimensional se exportó a un programa de modelado poligonal, 3dsMAX, al Blender, para después convertirse en un archivo STL (Estereolitografía) para su materialización a escala.



## CONCLUSIONES

Como conclusiones hay que mencionar que para realizar la integración de los elementos del proyecto ejecutivo, es necesario que los practicantes de la metodología BIM aprendan a manejarlo, por lo que para ello, puede utilizarse el siguiente procedimiento

Ir a la página web: linda.com, indicar BIM en el buscador y ahí encontrarán diversos cursos para aplicar la metodología, por ejemplo: Get Started with BIM.

Los cursos también se encuentran habilitados en youtube, donde encontrarán los diferentes tópicos a utilizar, cursos que fueron empleados para el desarrollo del proyecto de la caseta de vigilancia.

Nota. Todos estos cursos o tutoriales están en inglés- Además, cada uno de estos cursos está compuesto de cinco o más segmentos independientes y forman parte de cada uno de los tutoriales de la bibliografía indicada al final del artículo en el mismo orden:

- Deberán buscar RVT Architecture 2015 temas como: ¿Qué es BIM?
- Entendiendo la jerarquía de elementos RVT
- Vistas de navegación y creación de esquemas del proyecto.
- Generar las plantas con todos los elementos involucrados.
- Generar las instalaciones y equipos necesarios.
- Ligar los archivos de Autocad-Dwg
- Teniendo conocimiento de lo anterior, estudiar los videos referentes (100 )
- Con ello podrán manejar los temas siguientes:
- Líneas de alineación y rotación RVT.
- Trabajando con borradores y cubiertas prefabricadas.
- Agregando vanos y elementos.
- Creando escaleras y ampliaciones.
- Creando muros divisorios y de carga a diferentes niveles.
- Escondiendo y aislando objetos como tuberías, armados, instalaciones, etcétera.

Se utilizaron otros tutoriales, Autocad 2007, Archicad 2007, DWG, DXF, 3dsMAX, Blender y STL.

Siendo estos los principales temas a conocer, el estudiante deberá practicar todo lo que considere necesario, así como otros temas que le sean útiles en su proyecto, tales como el estudio de las instalaciones de aire acondicionado, albercas, adecuación al entorno, etcétera.

## **BIBLIOGRAFÍA**

*Building Roofs with Revit*

*Revit Architecture 2015 Essential Training*

*Revit Family Curves and Formulas*

*Revit Construction Modeling Tools*

*Revit for Interior Design: Interior Walls*

*Revit for Interior Design: Space Planning*

*Revit Architecture 2014 Essential Training*

*Migrating from Auto Cad to Revit*

*Revit Familys Work Shop*

*Revit Stairs Work Shop*

*Revit Architecture 2013 essential Training*

*Designing a House in Revit Rut Architectural*

*Revit Architectural Rendering*

**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

# **Administración y control de activos físicos en edificios de oficinas**

**Mtro. Baruch Ángel Martínez Herrera  
Dra. Aurora Minna Poó Rubio  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**



# Administración y control de activos físicos en edificios de oficinas

**Mtro. Baruch Ángel Martínez Herrera**

varuskas@hotmail.com

**Dra. Aurora Minna Poó Rubio**

pran@correo.azc.uam.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

## ABSTRACT

The development of a prototype of a program for the control of physical assets of a proposed office building of the company, "Corrosión y Protección S.A. de C.V.," with which it is proposed to control graphically all the information related to the physical assets of the company including: exact location of personnel, furniture, computers, motor carriers, communication equipment, teams, etc. and asset information that was assigned to each person in the company will also.

With this new graphical way to manage the assets of a company intends to improve control of physical assets and the corresponding information from different areas will have such as: human resources, purchasing, administration, engineering, management, so you will know of efficient and immediate way where they are, their main characteristics, who has them, what is their value, what their bills, suppliers, guarantees are.

## KEYWORDS

Control, assets, prospective, B. I. M., offices, allocation, administration, block attributes, excel exportation.

## **RESUMEN**

Se muestra el desarrollo de un prototipo de un programa para el control de activos físicos de un proyecto de un edificio de oficinas de la compañía "Corrosión y Protección S.A. de C.V."; con el cual se propone controlar de manera gráfica toda la información relacionada con los activos físicos de la empresa como son: ubicación exacta del personal, Muebles, computadoras, autotransportes, equipo de comunicación, equipos varios, etc. así también se tendrá la información de que activo le fue asignado a cada persona de la empresa.

Con esta nueva manera gráfica de administrar los activos de una empresa se propone mejorar el control de activos físicos ya que se tendrá la información correspondiente de distintas áreas como son: recursos humanos, compras, administración, ingeniería, dirección, de esta manera se sabrá de manera eficiente e inmediata donde se encuentran, sus características principales, quien los tiene, cuál es su valor, cuáles son sus facturas, proveedores, garantías.

## **PALABRAS CLAVE**

Control, activos, prospectiva, B.I.M., oficinas, asignación, administración, bloque con atributos, exportación excel.

## OBJETIVO GENERAL

Mostrar el desarrollo de un diseño de un sistema de integración de control de información de activos físicos para un edificio de oficinas.

## OBJETIVO ESPECÍFICO

Se muestra el desarrollo de un prototipo de diseño de un sistema de integración de control de información por medios gráficos de activos físicos para un edificio de oficinas para su mejor administración y operación, desarrollado en Autocad versión 2014 y tablas de Excel, para controlar la información de activos generada de recursos humanos, administración, contabilidad, ingeniería y ubicarla en planos arquitectónicos.

## INTRODUCCIÓN

¿Es posible tener el control de todos los activos físicos de un edificio de oficinas, incluyendo, mobiliario, equipo rentado, equipo propio, autos, computadoras; saber dónde están y quien los tiene?

¿Se puede realizar un control de activos físicos en edificios de oficinas sin que se costoso y con las herramientas con las que ya cuento y domino con una filosofía tipo B.I.M.?

Definitivamente la respuesta es “SI”, y se puede desarrollar un sistema de integración de control de información de activos físicos enfocado a proyectos de oficinas de una forma económica y práctica, pero hay que explicar primero en qué consiste el B.I.M. (podemos tomar la definición de la NIBS\*), este nuevo concepto que está revolucionando la construcción, arquitectura e ingeniería en todo el mundo, así mismo se puede tomar como base para un control de activos y mantenimiento de inmuebles.

El concepto B.I.M. (Building Information Management o Building Information Modeling (Gerencia de Información de la Construcción o Modelado de la Información de la Construcción)) trata sobre la Gerencia de Información de la Construcción o el Modelado de la Información para la Construcción, en este caso será ya un edificio construido ya con sus interiores diseñados y la ubicación de sus muebles a partir de planos arquitectónicos.

La NIBS<sup>1</sup> define: “B.I.M. es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Sirve como fuente de conocimiento para compartir información acerca de una instalación formando una base confiable para tomar decisiones durante su ciclo de vida, desde el inicio hacia adelante”.

---

1 National Institute of Building Standards, de Estados Unidos

Existen varios tipos de BIM, lo que comercialmente se le denomina “Dimensión (D)” los cuales dependiendo sus características de servicio pueden ser de 3D a la 8D a lo cual podemos explicar lo siguiente:

3D (tercera dimensión) vistas en volumen, simulando la realidad en largo, ancho y alto, la simulación en 3D puede realizar recorridos virtuales, vistas de cómo se verá en la realidad antes de construirse y para visualizar estas ideas se realizan renders, los cuales son como fotografías realistas de cómo se verá.

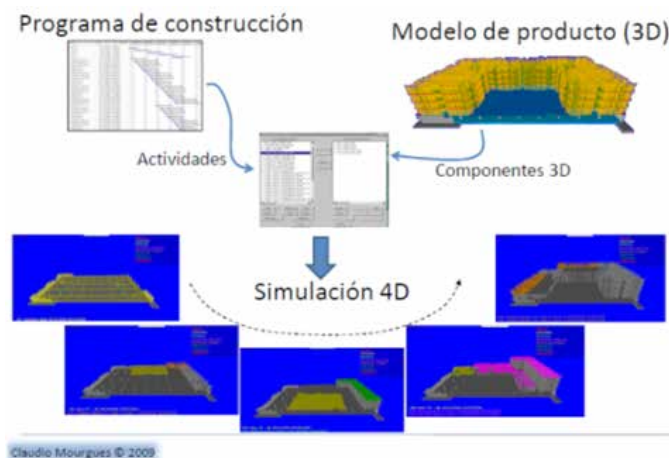


Figura 1. Programa de construcción, Modelo de producto (3D), Simulación (4D)

4D (tiempo) simulación del 3D en el tiempo, cuánto tiempo se tardan para construir un edificio o instalación, esta simulación explica gráficamente el sistema constructivo de la construcción y como se desarrolla en el transcurrir del tiempo.

5D (costo) cuanto se está gastando con el paso del tiempo de la construcción, análisis de flujo de efectivo.

6D (mantenimiento, operación y control de activos) cuánto cuesta mantener funcionando un edificio y donde están los activos.

7D (mantenimiento de instalaciones) Se comienza a partir de la finalización de la fase de puesta en marcha y durará hasta la demolición. 7D BIM es también la fase de gestión de activos del proceso BIM e incluye la gestión de las instalaciones. Aquí es donde ocurre el proceso de mantenimiento normativo y preventivo.

8D ya son características especiales que las compañías pueden adaptar a sus necesidades como serían un BIM en específico, como puede ser para seguridad contra-incendio, o un BIM especial para demolición, etc. Comercialmente se han definido y estandarizado hasta el 6D para no confundir los conceptos, los cuales apenas se están regulando para que todos hablemos el mismo idioma con esta nueva tecnología.



¿Y qué información se tendría que controlar en un control de activos?, Es toda la información que se quiera manejar generada del proyecto, el área de compras, recursos humanos, área de sistemas, contabilidad, dirección y por supuesto administración y mantenimiento que sería el área a la cual está destinado esta modalidad. Centralizando la información en un solo servidor al que todos los involucrados se conecten para alimentarlo y recibir la información (solo los que tengan autorización de verla) la información es de primera mano directamente de la gente que la genera. Los beneficios son evidentes, no hay pérdida de la información, es inmediata y sobre todo veraz. Así también se crea una nueva figura en la administración, el “Gerente B.I.M.”, que es el que desarrolla la aplicación y la alimenta por primera vez, mostrando y capacitando a las demás áreas para alimentar y administrar la información.

¿Qué tecnología utilizar?, Se puede utilizar cualquier software que maneje B.I.M. los cuales desarrollan las compañías de Autodesk, Bentley, Tekla, etc. o llamar a las empresas especializadas para que implementen un proyecto “a la medida”, sin embargo la curva de aprendizaje para una nueva tecnología es muy tardado aparte de la implementación, así como la inversión de software y capacitación de personal, son muy caras y en menor medida una implementación con una empresa especialista en el tema, sin embargo te conviertes en un consumidor cautivo; pero viéndolo por otro lado utilizando las herramientas correctas y de uso común con los programas adecuados se puede llenar con todas las características del B.I.M.

Las características básicas de un B.I.M. son: centralización de la información, comunicación con todas las áreas involucradas, seguridad, veracidad en la información, ambiente gráfico amigable, integración de la información en sus distintos formatos.

Se desarrolló el anteproyecto de las nuevas oficinas de la compañía “Corrosión y Protección Ingeniería S.C.” ubicadas en Cuernavaca Morelos, así también se propuso un prototipo de un control de activos físicos por medios gráficos con la filosofía BIM para poder tener el control desde el inicio de operaciones del inmueble.

El prototipo desarrollado integra información de un proyecto de oficinas piloto como son: planos, especificaciones, localizaciones, facturas, órdenes de compra, garantías, equipos, automoviles etc. También se integra al proyecto la base de recursos humanos para poder asignar los activos que están en custodia del personal o su asignación; En su conjunto es un prototipo muy versátil el cual facilitara el control administrativo del edificio y sus activos físicos.

Este prototipo se desarrolló en el programa Autocad versión 2014, con dibujos en 3d y las bases de datos están en Excel versión 2013, no se realizó programación alguna en visual basic o autolisp, todas las rutinas fueron realizadas con las mismas herramientas que el programa ofrece, ya que el objetivo es realizar este prototipo lo más sencillo posible ya que el objetivo es que los pequeños despachos de arquitectura tengan esta metodología para poder dar un servicio completo ya entregada la obra y poder seguir trabajando con los controles de activos o servicios de mantenimiento.

## EL CLIENTE

Corrosión y Protección Ingeniería, S.C. Fue constituida por el Dr. Lorenzo Martínez Gómez el 16 de julio de 1996, La visión del Dr. coadyuvó a definir una problemática nacional de trascendencia, relacionada con la seguridad e integridad de las instalaciones y ductos de transporte de hidrocarburos, que en caso de no ser atendida ocasionaría grandes problemas ambientales, ecológicos y riesgos en pérdidas de vidas humanas.

Corrosión y Protección Ingeniería, S.C. es una institución líder en el control de corrosión en México, brindando a la nación ingeniería especializada y certificada por NACE\* Internacional, reduciendo fugas y pérdidas de productos valiosos, aumentando la vida útil de las instalaciones, evitando accidentes y daños al medio ambiente con la aplicación de sistemas y tecnologías de punta a nivel mundial.

## EL EDIFICIO

Es un anteproyecto de oficinas el cual serviría como oficina central de la empresa con una superficie total de 2,400 m2, consta de: sótano 2 (cuarto de máquinas, cisternas), sótano (estacionamiento, subestación), planta baja (recepción, direcciones administrativas, baños), primer piso (gerencias de ingenierías, auxiliares, baños) segundo piso (gerencias de ingeniería, baños) tercer piso (direcciones generales, auditorio, baños) terraza (comedor, cocina, terraza, baños)

## ACCESO CONTROLADO

Toda la información se planea colocar en un solo servidor o computadora, el acceso al dibujo es controlado a partir de una clave de acceso, de esa manera se protege de primera instancia toda la información, así mismo existe información que dependiendo el tipo de usuario podrá o no verla.



Figura 2. Pantalla prototipo "password" Fuente: Baruch Martínez

## PANTALLA PRINCIPAL

Se accede a una pantalla principal o pantalla “Origen”, que nos indica a que planos podemos acceder o si queremos ver la simulación de edificio en tercera dimensión, esto nos da una idea de cómo es el edificio en su conjunto.



Figura 3. Pantalla prototipo “Origen” Fuente: Baruch Martínez

## NAVEGACION

Para acceder a los distintos pisos, se disponen de varios botones con el nombre de destino (estacionamiento, cuarto de máquinas, planta baja, 1er, 2do, 3er piso, terraza), simulación (es un recorrido en 3d por el edificio en su conjunto, archivo tipo avi), bloques (es la galería de bloques con atributos con la que se alimentó el prototipo) y reportes (son los reportes generados y exportados a formato excel).

## PANTALLA “ESTACIONAMIENTO”



Figura 4. Pantallas de prototipo “estacionamiento”. Fuente: Baruch Martínez

Se accede a una pantalla que dispone de botones como en la pantalla de "Origen" y distintos botones de los cuales se tienen los distintos controles como son:

- Control de carros
- Áreas
- Lugares de estacionamiento

Las "Áreas", son los distintos locales del piso, los cuales pueden estar numerados o mencionados por el uso que se les da, en este caso de estacionamiento, se enumeran los espacios y se asignan los lugares para los distintos carros de la compañía.

El control incluye los metros cuadrados de cada área y se hace un zoom independiente por cada una.

Se tiene el control de los automóviles de la empresa, donde cada bloque representativo de un automóvil contienen la siguiente información del vehículo: placas, marca, modelo, número de serie, color, tarjeta de circulación, ultima verificación, asignación o custodia, última revisión de taller Factura, fotografía, ubicación actual del vehículo.

Esta información se encuentra dentro del bloque con atributos y en la pantalla existe un botón denominado "datos rápidos" los cuales, es un extracto de la información general del carro el cual permite una identificación inmediata, si se requiere revisar la información completa del automóvil, únicamente se selecciona y se da un doble click, para que se despliegue toda la información del bloque.

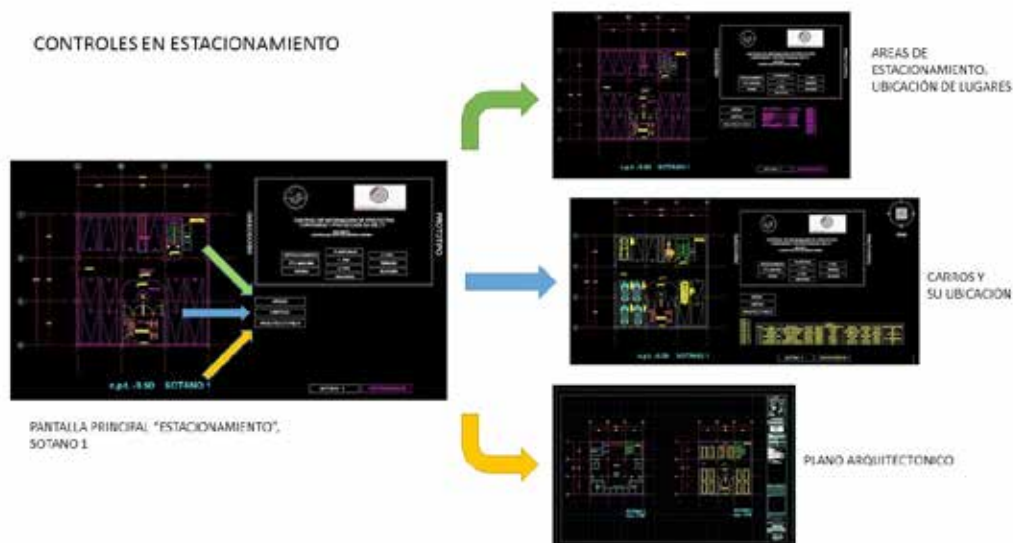


Figura 5. Pantallas de prototipo "estacionamiento" Fuente: Baruch Martínez

Toda esta información se puede cambiar directamente en el bloque con atributos y posteriormente se tendrá que actualizar la tabla en CAD que refleja esa información, así mismo para llevar un histórico se tendrá que exportar la tabla a Excel.

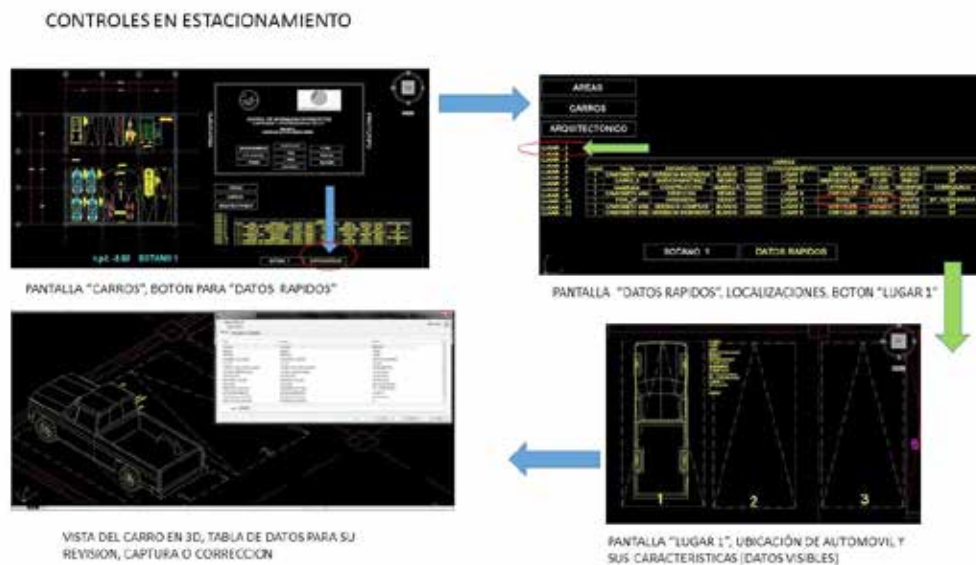


Figura 6. Pantallas de prototipo "estacionamiento" Fuente: Baruch Martínez

Para cambiar de plano se encuentran la pantalla de navegación general, con el cual se puede navegar a los distintos planos o regresar a la pantalla de "Origen".

#### PANTALLA DE "PLANTA BAJA" (CONTROLES TIPO)

En el plano de "planta baja" se muestra el nivel del mismo nombre y los distintos tipos de controles que serán los mismos para las distintas plantas arquitectónicas, dentro de los controles encontramos.

Para el control y ubicación de los distintos activos es necesario tener una numeración de los distintos locales, en esta ocasión la numeración parte del nivel y después un número consecutivo el cual dará orden a los locales Ej. PB\_01 que en este caso es la recepción del edificio.

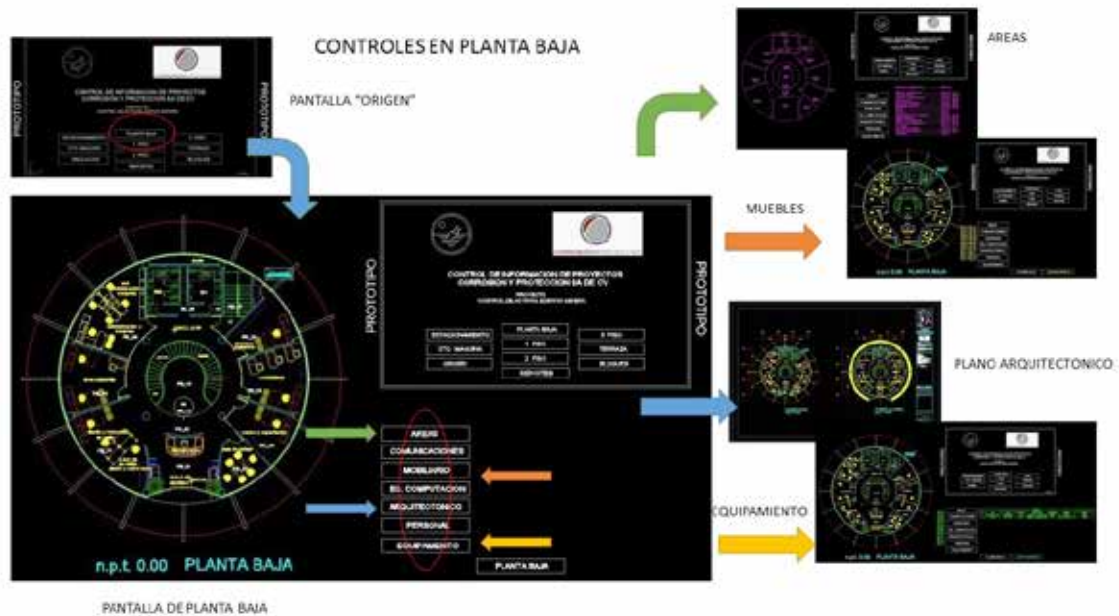


Figura 7. Pantallas de prototipo "Planta Baja" Fuente: Baruch Martínez

Para la navegación y vista de los distintos controles se tienen los distintos botones los cuales indican cuales son los activos a consultar.

- **CONTROL DE "AREAS"**, en este control tenemos la numeración de los espacios, sus metros cuadrados y el nombre del local, se puede realizar un zoom en cada una de las áreas para ver su delimitación y los muebles para ver su funcionamiento.
- **CONTROL DE "COMUNICACIONES"**: en este control se tienen los teléfonos fijos de las compañía y los teléfonos celulares, dentro de los datos que se tienen se encuentran: número de activo, tipo de comunicación (telefonía fija, celular o radio) marca, modelo, numero de serie, garantía, factura, asignación, accesorios, si es rentado, proveedor, costo, año de compra, etc.
- **CONTROL DE "MOBILIARIO"**: en este control se tienen los distintos muebles de este piso del edificio, dentro de los datos que se encuentran son: número de activo, tipo de mueble, color, marca, modelo, costo, factura, año de compra, asignación, ubicación.
- **CONTROL DE "COMPUTADORAS"**: en este control se tienen las computadoras de la compañía las cuales pueden ser rentadas o propias, por lo que dentro de los datos de block se encuentran: número de activo, tipo de computadora (lap-top, pc, Tablet, mac) número de serie, marca modelo, garantía, factura, designación (puede ser a una persona o a un área), ubicación accesorios, renta, contacto del proveedor.
- **CONTROL DE "RECURSOS HUMANOS"**: en este control se tiene la información de recursos humanos la cual permite ver donde se localizan los empleados de la compañía y sus asignaciones de activos por ejemplo computadoras, celulares, coches.

- **CONTROL DE “COMUNICACIONES”**: este control es de todo el equipo de comunicación de la empresa como son los teléfonos fijos, celulares o radios, teniendo como información: número de activo, tipo de comunicación (celular, radial o fija) número de serie, marca modelo, garantía, factura, designación (puede ser a una persona o a un área), ubicación accesorios, renta, contacto del proveedor.
- **CONTROL DE “EQUIPO”**: este control es de todo el equipo especial de la compañía, como pueden ser copiadoras, ploters, y equipo especial del área de ingeniería; teniendo como información: número de activo, tipo de equipo (medición, impresión, etc), número de serie, marca modelo, garantía, factura, designación (puede ser a una persona o a un área), ubicación accesorios, renta, contacto del proveedor.
- **CONTROL DE “REPORTES”**: este control contiene todos los reportes generados y vaciados en CAD, los cuales se pueden actualizar directamente si se modifican los datos del bloque con atributos

### ACTUALIZACION DE DATOS SINCRONIZACION CON TABLAS Y CREACION DE TABLAS EN CAD

La actualización de datos se realiza directamente sobre los bloques ya colocados en su lugar, dando click en el dibujo se abrirá la tabla de texto con la información del bloque, se coloca la información y se cierra, después de actualizar la información en el bloque se debe realizar la actualización de la información de la tabla en cad, la tablas pueden tener toda o parte de la información que se requiera.

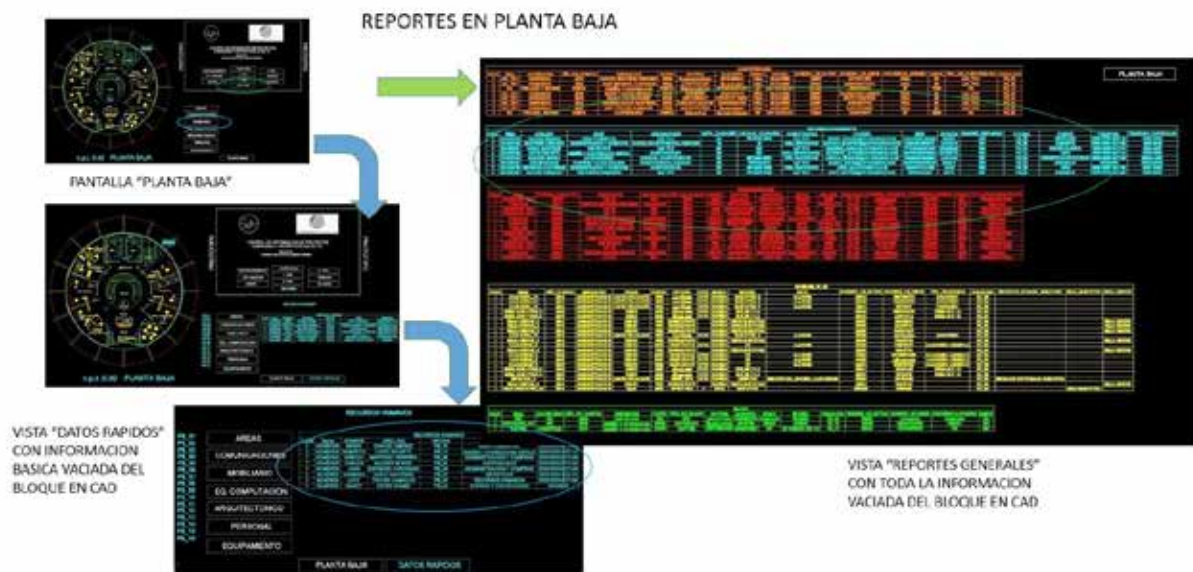


Figura 8. Pantallas de prototipo “Planta Baja” Fuente: Baruch Martínez

## CREACION DE ACTIVOS

Para insertar nuevos elementos al prototipo se deben de insertar los bloques con atributos ya definidos, se insertaran en el layer correspondiente a cada categoría (computadoras, equipo, etc) y al colocarse el mismo sistema pedirá la información correspondiente (número de activo, número de serie, marca modelo, garantía, factura, designación (puede ser a una persona o a un área), ubicación accesorios, renta, contacto del proveedor) y al terminar se tendrá un bloque con la información vaciada, posteriormente se extraerá la información y se exportara para vaciarse en las tablas de CAD dentro del dibujo o se podrá exportar a excel.

## EXPORTACION DE DATOS

La exportación de la información de los bloques con atributos es una rutina que ya viene definida en el Autocad, la cual permite desde seleccionar un bloque o el dibujo o varios dibujos, y permite de una manera masiva la exportación de la información, así también da la opción de generar la tabla directamente en CAD o exportarla a un archivo de Excel.

## RESULTADOS

Se logra el objetivo de tener un prototipo para control de activos físicos para oficinas de tamaño medio, se logra realizar en base a dibujos de autocad (bloques con atributos en 3d) versión 2014 y exportar información a tablas DE CAD y de Excel, se pueden hacer modificaciones y se pueden reflejar los cambios tanto en los bloques como en las tablas, las cuales van generando una pequeña base de datos.

## CONCLUSIONES

Se puede concluir que este prototipo es de mucha ayuda para el control de activos físicos para edificios de oficinas pequeñas a medianas, ya que de manera fácil se pueden ubicar los activos en un plano arquitectónico comparándolo con la realidad, sin embargo el dibujo en 3d sigue siendo muy pesado y se necesita de máquinas de gran capacidad de procesamiento.

El dibujo en tercera dimensión da una mayor idea de la ubicación de los activos sin embargo se tienen que buscar las mejores visuales dentro de la 3d, para que los activos no se superpongan unos con otros, la dificultad en el autocad es que se pueden apagar los layer correspondientes sin embargo en las vistas se observan las sombras de los objetos de los layer apagados ya que todavía el sistema los detecta.

Se tienen problemas de actualización de datos si se vacía la información de base de datos a bloques, ya que existe un 20% de falla en la conexión por lo que este prototipo se realizó en base a que los bloques son los que proveen los datos de la información y no la base de datos.



## BIBLIOGRAFÍA

*Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations (McGraw-Hill Construction Series) Autor: Willem Kymmell*

*Integrated practice in architecture mástering design build fast track and BIM*  
Elvin George, Ed. Wiley / 2007, NA 1996es.845, Isbn 0471998495

*The green building bottom line, the real cost of sustainable building*  
Martin melaver , Phyllis Mueller, Ed McGraw Hill / 2009, Th 880 g 7.43, Isbn 978-0-07-159921-4

Artículo de internet bajado el 12ago2013  
5D BIM Explicación Por Mac Muzvimwe on 20 Sep 2011  
<http://www.fgould.com/uk-europe/articles/5d-bim-explained/>

Artículo de internet bajado el 12ago2013  
H.J. High Construction  
Six Dimensional Building Information Modeling  
<http://www.hjhigh.com/news-and-media/market-trends/six-dimensional-building-information-modeling/>  
Por: Doug Storer, Diciembre 2012

<http://www.autodesk.mx/adsk/servlet/index?id=11225261&siteID=1002155>  
<http://www.corrosionyproteccion.com/>



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Propuesta de un sistema de  
administración de  
infraestructura para  
la UADY, utilizando  
tecnologías SIG y BIM**

**Arq. Pamela Leticia Alcalá Certz  
Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez  
Mtro. José Antonio González Fajardo  
Dr. José Humberto Loría Arcila  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN**



# Propuesta de un sistema de administración de infraestructura para la UADY, utilizando tecnologías SIG y BIM

**Arq. Pamela Leticia Alcalá Certz**

pamelaalcala88@gmail.com

**Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez**

selene.audeves@uady.mx

**Mtro. José Antonio González Fajardo**

jose.gonzalez@uady.mx

**Dr. José Humberto Loría Arcila**

jose.loria@uady.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

## ABSTRACT

Infrastructure Management is defined as the process of managing the infrastructure of an area as efficiently by analyzing the life cycle of the components of a community. Such administration plays an important role in the planning, maintenance and operation of infrastructure both short and long term, with the main outputs: the life cycle costs, service levels, risk and future demands, support managers with complete information for decision-making, improve data management and evaluation of the Return of the Investment (ROI). Given the above, the present research aims to develop a system for managing infrastructure of the Engineering and Exact Sciences Campus of the Autonomous University of Yucatan, using Geographic Information Systems (GIS) and Building Information Modeling (BIM). Under that system procedures and information, a conceptual model will be developed so it could be used as an example for other university facilities.

## KEYWORDS

Infrastructure management, GIS, BIM.

## **RESUMEN**

La administración de la Infraestructura se define como el proceso de administrar la infraestructura de un territorio de la manera más eficiente por medio del análisis del ciclo de vida de los componentes de una comunidad. Dicha administración juega un papel muy importante en la planeación, mantenimiento y operación de la infraestructura tanto a corto como largo plazo, teniendo como salidas principales: los costos del ciclo de vida, niveles de servicio, riesgos y demandas futuras, asistencia a los administradores con información completa para la toma de decisiones, mejorar los datos de administración y la evaluación del retorno de la inversión. Ante lo anterior, se desarrolla la presente investigación cuyo objetivo es elaborar un sistema para la administración de la infraestructura del Campus de Ingenierías y Ciencias Exactas de la Universidad Autónoma de Yucatán, utilizando Sistemas Información Geográfica (SIG) y tecnología Building Information Modeling (BIM). En dicho sistema se definirán los procedimientos y la información requerida para diseñar un modelo conceptual que podrá ser tomado como ejemplo para otras instalaciones universitarias.

## **PALABRAS CLAVE**

Administración de Infraestructura, SIG y BIM.

## OBJETIVO ESPECÍFICO

Elaborar un sistema para la administración de la infraestructura del Campus de Ingenierías y Ciencias Exactas de la Universidad Autónoma de Yucatán utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y tecnología Building Information Modeling (BIM).

## INTRODUCCIÓN

La infraestructura civil es esencial para la prosperidad económica y la calidad de vida. Desafortunadamente, no importa que tan bien esté diseñada o construida la infraestructura, ésta se deteriora con el paso del tiempo y por el uso. Por este motivo el mantenimiento de dichas instalaciones es demandante, y la situación actual ha sido exacerbada debido al hecho de que se postergó durante muchos años las tareas de mantenimiento para usar los recursos en nuevas construcciones.

En 2005 la American Society of Civil Engineers (ASCE) realizó un estudio que examinó 15 categorías de infraestructura e instalaciones de Estados Unidos, estimó que se necesitaría una inversión mínima de \$1.6 trillones de dólares para regresar las instalaciones a sus estándares originales<sup>1</sup>. Esto nos indica que hay una preocupación y estudios de costos de operación y mantenimiento de la infraestructura construida que no se consideraron en el momento de su ejecución.

### ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

La administración de la infraestructura se define como proceso de administrar la infraestructura de un territorio de la manera más eficiente por medio del análisis del ciclo de vida de los componentes en una comunidad con el propósito de desarrollar información sobre el mantenimiento futuro, nuevos desarrollos y la capacidad de dicho componente<sup>2</sup>.

Dicha administración juega un papel importante en la planeación, mantenimiento y operación de la infraestructura tanto a corto como largo plazo; teniendo como salidas principales: los costos del ciclo de vida, niveles de servicio, riesgos y demandas futuras, asistir a los administradores con información completa para la toma de decisiones, mejorar los datos de administración y la evaluación del retorno de la inversión<sup>3</sup>.

Este término ha cobrado importancia debido a que se ha observado que las organizaciones alrededor del mundo están siendo contratadas no sólo para proveer productos, sino para ofrecer soporte técnico a lo largo de su vida útil. Esto significa que los trabajos de operación, mantenimiento y ac-

1 Pratt R. (2011) Mulling Infrastructure Efficiency, Service Management. Powergrid. Disponible en: <http://www.power-grid.com> Recuperado el 24 de enero de 2014.

2 MunicipalAssetManagementPlans(2010).Disponibleen [http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset\\_Management/Toolsand\\_Resources/AssetSMART](http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Toolsand_Resources/AssetSMART)

3 Municipal Asset Management Plans (2010). Documento Tomado de [http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide\\_for\\_Municipal\\_Asset\\_Management\\_Plans](http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide_for_Municipal_Asset_Management_Plans). Capturado: Mayo 07, 2014. Traducción libre por: Pamela Alcalá

tualización ya no recaerán con el cliente sino que será responsabilidad del proveedor del servicio<sup>4</sup>.

La herramienta del análisis del costo de ciclo de vida (LCC, por sus siglas en inglés) de un producto o proyecto resulta relevante para esta investigación y se define como: todos los gastos incurridos en la adquisición y utilización de un producto a lo largo de su vida útil<sup>5</sup>.

Como se puede observar en la Figura 1, el pico de los costos se ejerce en la etapa de producción, pero los costos de operación y soporte se ejercen en un periodo más prolongado lo cual indica que es un aspecto muy relevante. Los costos iniciales, que incluyen diseño, desarrollo y producción, pueden ser aminorados por medio de la reducción de áreas construidas, adopción de métodos de construcción más apropiados, sistemas estructurales simples y la estandarización de diseños y componentes<sup>6</sup>.

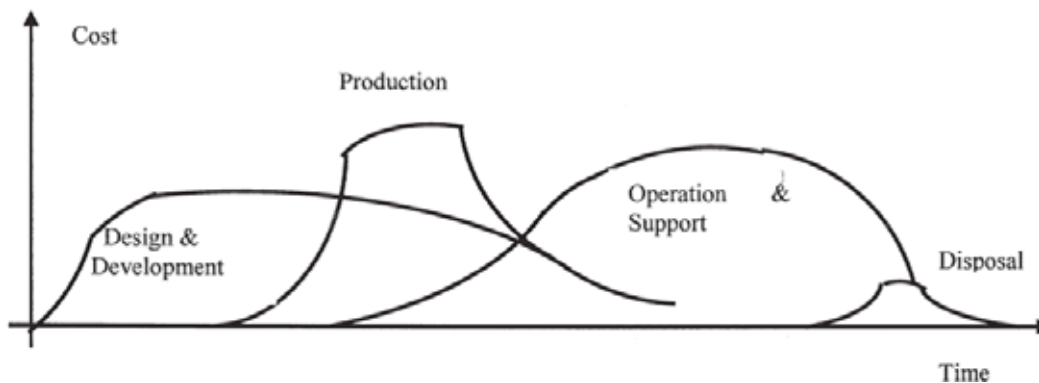


Figura 1. Curvas de costos en las diferentes etapas del LCC del proyecto.

En el caso particular de los proyectos se identifican cuatro etapas cuyos costos se desglosan de la siguiente manera:

- **Diseño y desarrollo:** Incluye materiales, administrativos, trabajadores, transporte todas aquellas actividades que tengan como objeto el diseño de un proyecto.
- **Producción:** Incluye costos de ejecución del proyecto.
- **Operación y soporte:** Incluye los costos de mantenimiento, administración de inventarios, soporte técnico, capacitación del personal, documentación de datos técnicos y la administración logística del edificio. Adicionalmente, se pueden presentar pérdidas financieras cuando alguno de los sistemas presenta una interrupción en su desempeño debido a fallas.
- **Disposición final:** todos aquellos costos asociados con la desactivación y preparación del edificio para su disposición final<sup>7</sup>.

4 Oliva, R., Kallenberg, R. (2003) Managing the transition from products to services. "International Journal of Service Industry Management", 14(2), p.160-72.

5 Elmakis, D., Lisnianski, A. (2006) Life cycle cost analysis: Actual problem in industrial Management. "Journal of Business Economics and Management" 7(1), 5-8

6 Sherif, A. (1999) Hospitals of developing countries: Design and construction economics. "Journal of Architectural Engineering", 5(3), p. 74- 81.

7 Gaio, C., de Brito, J., & Silvestre, J. (2012). Inspection and pathological characterization of gypsum plasterboard walls. *Materiales de Construcción*, 62(306), 285-297.



La etapa de operación del edificio representa el 55% del costo total considerando un periodo de 40 años<sup>8</sup>. Por lo tanto, enfocarse solamente en el costo inicial sin consideración alguna del valor presente de los costos de mantenimiento y de operación futuros es a menudo una seria omisión durante la programación, planeación y diseño de los proyectos<sup>9</sup>.

A comienzos del siglo XXI se reconoció el valor de las propiedades como un gran centro de capital que puede contribuir en las utilidades, y por esa razón, deben ser administrados de manera efectiva<sup>10</sup>.

La administración de los edificios puede ser subdividida en cinco categorías principales:

- Administración y planeación de edificios.
- Operación y mantenimiento de edificios.
- Estados financieros.
- Factores humanos y ambientales.
- Análisis de riesgos

El presente documento está orientado a la categoría de operación y mantenimiento de edificios y uno de los sistemas que se puede adoptar es la Administración Basada en Desempeño del Edificio (PeBBu, Performance-Based Building) cuyos principios son los siguientes:

- Traducir las necesidades humanas a requerimientos de los usuarios.
- Transformar dichas necesidades en requerimientos técnicos y criterios cuantitativos.
- Responder a dichos requerimientos a lo largo del ciclo de vida del edificio<sup>11</sup>.

Los estudios recientes de la administración de edificios han empezado a considerar los aspectos técnicos y sus repercusiones en los programas de mantenimiento y modernización de los edificios<sup>12</sup>.

Los rápidos avances tecnológicos que estimulan requerimientos de desempeño más altos, acompañado de la gran complejidad de los edificios modernos, han forzado a los administradores a considerar nuevos patrones para conseguir el confort, seguridad, eficiencia energética y costo-beneficio de sus construcciones.

---

8 Flanagan, R. and Norman, G. (1989) Life-Cycle Costing: Theory and Practice. RICS, Surveyors Publications Ltd, London.

9 Documento Tomado de: <http://www.maxwideman.com/papers/managing/summary.htm>. Capturado: Octubre 26, 2004. Traducción libre por: José H. Loría Arcila.

10 Douglas, J. (1996) Building performance and its relevance to Facilities Management. "Facilities", Vol. 14 No.3, p 23-32.

11 Lavy, S., Shohet, I. (2004) Integrated maintenance management of hospital buildings: a case study, "Construction Management and Economics", 22 (1), p 25-34.

12 MacSporran C., Tucker S. (1996) Target budget levels for building operating costs, "Construction Management and Economics", 14 (2), p 103-119.

## SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

En este punto es relevante identificar sistemas que apliquen el ciclo de vida, uno de ellos son los Sistema de Ingeniería (System Engineering Process, SEP por sus siglas en inglés) que se define como una aproximación interdisciplinaria para proveer un conjunto de soluciones, basados en el ciclo de vida, que satisfaga las necesidades de un cliente<sup>13</sup>

A manera de ejemplo, en la Figura 2 se muestra un proceso iterativo de un Sistema de Ingeniería (SEP por sus siglas en inglés). Se puede observar que se inicia con las entradas determinadas por el cliente o involucrados en el diseño de sistemas, seguidamente se realiza un análisis de dichos requerimientos que detona el estudio del funcionamiento que incluye el desglose de los componentes o elementos que podría incluir el sistema; finalmente se llega una síntesis en donde se definen cuáles son los componentes finales del sistema, información, relaciones, soluciones y procesos. Así se tiene un modelo conceptual del sistema por medio del cual se puede tener información para la toma de decisiones o selección de alternativas.

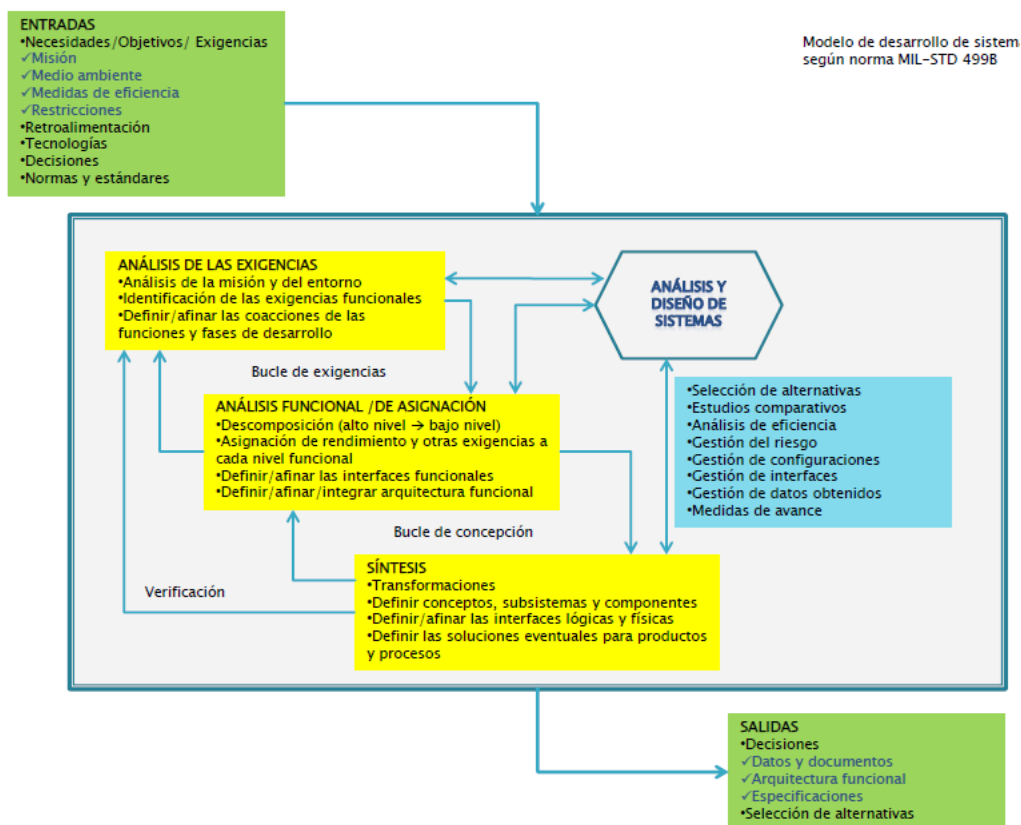


Figura 2. Ejemplo de Sistema de Ingeniería (SEP).

El funcionamiento del sistema anterior no difiere mucho de los sistemas de administración de infraestructura, ya que éstos también localizan componentes en el sistema para identificar deficien-

13 Air Force Instruction MIL-STD-499B (Draft) (2005). Disciplined Systems Engineering Process.

cias y mejoras<sup>14</sup>. Los pasos para desarrollarlos también incluyen: recolección de datos, monitoreo del sistema, impactos en los usuarios, selección de estrategias y la implementación y retroalimentación de dicha estrategia<sup>15</sup>.

#### ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA UTILIZANDO TECNOLOGÍA SIG

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus componentes con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.

Las técnicas y procedimientos de los SIG juegan un papel importante en el análisis de alternativas en la toma de decisiones por parte de los administradores de la infraestructura<sup>16</sup>. De acuerdo a Richter hay cinco razones principales de porqué los gobiernos adoptan la tecnología SIG:

- Se mejora la eficiencia,
- Se cuenta con mejor información para la toma de decisiones,
- Más consistencia en la información,
- Mejor organización debido a un enfoque holístico de la información
- Hay una mejor interacción entre el público y el gobierno<sup>17</sup>

#### ADMINISTRACIÓN DE EDIFICIOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA BIM

De acuerdo al comité de The National Building Information Modeling Standards (NBIMS) la definición de BIM es: representación digital de las características físicas y funcionales de un inmueble. Un modelo BIM es una fuente de información confiable que puede servir de base para la toma de decisiones durante el ciclo de vida del edificio, definido como el periodo comprendido desde la concepción del proyecto hasta la demolición de la construcción<sup>18</sup>.

BIM provee muchas ventajas sobre los dibujos 2D tradicionales debido a que permite una representación digital, paramétrica e inteligente, rica en información, orientada a los componentes. A nivel mundial se están desarrollando programas de investigación que son parte del desarrollo de la tecnología BIM; las áreas de estudio y sus autores se sintetizan la Tabla 1<sup>19</sup>.

14 Sanford, K., McNeil S. (2008) Agent-Based Modeling: Approach for Improving Infrastructure Management. "Journal of Infrastructure Systems" 14 (3) p. 253-261.

15 Haas, R., Hudson, W., Zaniewski, J. (1994). Modern pavement management, Krieger, Melburne.

16 Malczewski, J., (2006) GIS based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, "International Journal of Geographical Information Science" 20 (7)

17 Richter, M., Governing Guide/ Mapping the Future, Governing Magazine. November 1992.

18 NBIMS, (2007) , disponible en [http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMsv1\\_p1.pdf](http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMsv1_p1.pdf).

19 Wong, A., Wong, F., Nadeem A. (2010) Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries, "Architectural Engineering and Design Management", 6 (4), p. 288-302

ÁREA DE APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN / PROPÓSITO
<b>Environmental sustainability of built environment (Häkkinen and Kiviniemi, 2008)</b>	Utilizar la información BIM de la etapa de diseño para la operación del edificio. Investigar el potencial de BIM en la búsqueda de soluciones para los problemas de procesos sustentables en los edificios.
<b>Integration of BIM into web service application (Permala et al., 2008)</b>	Compartir información en tiempo real para aminorar el problema de transparencia de información en la cadena de la construcción. El producto final terminado fue un prototipo, llamado CS Collaborator. El programa CS Collaborator fue uno de los primeros intentos de construir un servicio BIM, basado en servicios web.
<b>Integration of BIM and IFC standards into performance-based building standards and business processes (Huovila, 2008)</b>	Para mejorar la innovación y desarrollo sustentable. El potencial de la valuación durante todo el ciclo de vida de los edificios con el uso de BIM fue identificado en un buen número de áreas incluyendo los requerimientos del cliente y el usuario final, la sustentabilidad del edificio en sus diversas fases del ciclo de vida, toma de decisiones, reingeniería de procesos constructivos, etc.

Tabla 1. Síntesis de aplicación de tecnología BIM en la administración de edificios

Utilizando BIM se desarrolla un modelo computacional de un edificio que puede contener información de cada una de las etapas del ciclo de vida de un edificio. De acuerdo al estándar ISO 22263:2008 de la Organización de la información de los trabajos de construcción- Marco para la administración de la información del proyecto (Organization of information about construction Works, Framework for management of project information) los modelos tienen una clasificación y se representa en la Tabla 2.

Modelo	Roles principales / Roles Secundarios	Fase	Etapas
Modelo BIM	<b>P) Propietario</b> A) Arquitecto I) Ingenieros C) Contratista	Pre-proyecto	0. Requerimientos del portafolio 1. Concepción de las necesidades 2. Primeras aproximaciones de factibilidad 3. Factibilidad
Modelo tipo borrador	<b>A) Arquitecto</b> I) Ingenieros C) Contratista	Pre- construcción	4. Primeras aproximaciones al diseño conceptual 5. Diseño conceptual completo 6. Coordinación del diseño (y procuración)
Modelo detallado	<b>C) Contratista</b> I) Ingenieros	Construcción	7. Producción de información 8. Construcción

Modelo	Roles principales / Roles Secundarios	Fase	Etapas
Modelo 'as built' como fue construido	<b>C) Contratista</b> l) Ingenieros	Post-construcción	9. Operación
Modelo para administración de edificios	<b>F) Administrador del Edificio</b>	Uso del edificio	10. Mantenimiento

Tabla 2. Modelo de referencia para la información del ciclo de vida y los roles en las fases de los edificios de acuerdo al ISO 22263:2008<sup>1</sup>

La administración de los edificios por medio de la tecnología BIM provee la visualización de las relaciones que guardan los diferentes componentes del inmueble su localización precisa y el acceso los datos de la condición actual de los diferentes atributos asignados a cada componente.

#### SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA CON TECNOLOGÍAS SIG Y BIM

Como se ha explicado en apartados anteriores la tecnología SIG se utiliza en la administración de infraestructura en muchas ciudades alrededor del mundo. Sin embargo, los edificios también son parte de la infraestructura pero tienen un mayor grado de complejidad y detalles, es decir, se conjuntan múltiples sistemas en su interior que serían difíciles de administrar con el SIG; es por eso que para el caso particular de los edificios se requiere de la tecnología BIM para modelar los componentes del edificio que requieran administrarse.

Un aspecto importante para la integración de ambas tecnologías radica en la transformación de la información detallada de un edificio a un ambiente geoespacial. Actualmente el desarrollo de los SIG permiten la inclusión de geometrías 3D (modelos geométricos) y reflejar sus relaciones espaciales (en modelos topográficos)<sup>2</sup>. Con el desarrollo paralelo de ambas tecnologías ahora es posible desarrollar sistemas de administración de infraestructura que permitan un uso integrado de información geoespacial y del edificio.

A continuación se describen dos proyectos cuyas características y procedimientos implementados resultan relevantes para la presente investigación.

#### ***Caso 1. Sistema de administración de infraestructura en la Ciudad de Alberta, Canadá***

En Canadá cada uno de sus municipios es responsable de la propiedad, operación y mantenimiento de su infraestructura. En este caso implementan el siguiente proceso para la administración de la infraestructura municipal:

20 Hjelseth E. (2010) Exchange of Relevant Information in BIM Objects Defined by the Role- and Life-Cycle Information Model, "Architectural Engineering and Design Management", 6(4), p. 279-287

21 Isikdag U, Underwood J, Aouad G, Trodd N,.. (2007) Investigating the Role of Building Information Models as part of an Integrated Data Layer: A fire response management case, "Architectural Engineering and Design Management", 3, p. 124-142

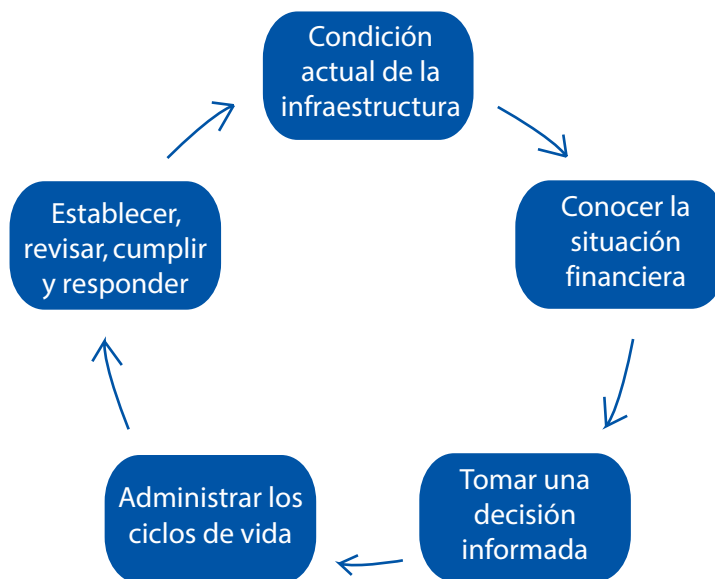


Figura 3. Proceso para la administración de la infraestructura

La unidad básica para implementar este sistema es el componente de infraestructura que se define como un componente o parte de uno que puede ser reemplazado de manera independiente o que tiene un periodo de vida significativamente diferente<sup>3</sup>.

### **Caso 2. Administración del edificio de la Ópera de Sydney, Australia.**

La investigación para el modelado del proyecto de la Administración del edificio de la Ópera de Sydney ha demostrado beneficios significativos en el diseño y digitalización de manuales operativos y de mantenimiento. Este edificio no contaba con modelos digitales de su estructura interna, por lo que se identificó una oportunidad para investigar la aplicación de modelado del edificio con tecnología BIM para la administración del inmueble.

Los objetivos de esta investigación fueron los siguientes:

- La implementación de los estándares internacionales de la tecnología BIM para propósitos de administración de edificios.
- Determinar el potencial de la tecnología BIM como un marco de referencia en donde se integren los datos para administración del edificio.
- Determinar la flexibilidad y extensión de la tecnología BIM para afrontar requerimientos y datos específicos para la administración del edificio.
- Determinar la habilidad de la tecnología BIM para agregar inteligencia al modelo.
- Determinar la metodología para administración de la Ópera de Sydney utilizando tecnología BIM.

22 Municipal\_Asset\_Management\_Plans (2010) Disponible en [http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset\\_Management/Tools\\_and\\_Resources/AssetSMART\\_-\\_A\\_Local\\_Government\\_Self\\_Assessment\\_Tool\\_\(BETA\)--LGAMWG--September\\_2010.pdf](http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Tools_and_Resources/AssetSMART_-_A_Local_Government_Self_Assessment_Tool_(BETA)--LGAMWG--September_2010.pdf).

Metodología utilizada para el Sistema de Administración del edificio:

- Se inicia con la determinación de los requerimientos del edificio por medio de encuestas directas con los involucrados en la administración.
- Se define que el sistema será un modelo de la ópera de Sydney que contendrá información exacta, confiable y relevante que permita la administración de sus operaciones, alteraciones o adiciones de sus sistemas y para la administración del mantenimiento.
- Se utiliza tecnología SIG para integrar el modelo maestro a su entorno por medio de referencias geoespaciales definido como “Plano de referencia de la Ópera de Sydney”, para geoposicionarlo, de tal manera que el modelo pueda ser calibrado de acuerdo a su escala real. También se obtiene información relevante para la administración del lote en donde está construido tal como: información catastral, uso de suelo, tenencia, registro del terreno y otros aspectos.
  - o El modelo maestro fue dividido en sub-modelos más especializados agrupados de acuerdo a las necesidades administrativas. También se definió una organización jerárquica de los componentes.
- Se continúa con el modelo arquitectónico en donde se definen los siguientes aspectos: Propiedades de los elementos o componentes del edificio: Las propiedades se definen como la información relevante para la administración (tipo de elemento, material, color etc.) contenida en los elementos identificados dentro del modelo. En este caso, se toman como referencia de las especificaciones internacionales para determinar las propiedades que conforman al edificio y se sigue el esquema de la figura 4.

	Property	
Material	<i>Material (and layers) — in accordance with Australian Building Glossary or other definitive industry reference</i>	<i>FireRating — in accordance with BCA*</i>
Nivel de acústica	<i>AcousticRating — in accordance with BCA</i>	<i>Combustible</i>
Superficie flamable	<i>SurfaceSpreadOfFlame</i>	<i>ThermalTransmittance</i>
	<i>LoadBearing</i>	<i>Compartmentation</i>

\*Building Code of Australia

Figura 4. Ejemplo de propiedades de los componentes del edificio

Mantenimiento: Los elementos o componentes enlistados con anterioridad también pueden presentar los siguientes atributos, que se definen como: la información orientada al mantenimiento muy particular contenida en cada uno de ellos (localización, tipo de elemento, descripción, etc.). En la figura 5 se muestra un ejemplo de propiedades de los componentes del edificio orientados al mantenimiento.

	Property	Setting
Nombre	Name	<i>Plant reference as defined by Sydney Opera House e.g. "BG1147".</i>
Descripción	Description	<i>Plant description as defined above (complementing the matching asset item Name e.g. "Lift No. 06").</i>
Elemento	Element	<i>Sydney Opera House Asset element classification e.g. "Transportation".</i>
Localización del ítem	ItemLocation	<i>Sydney Opera House Room number.</i>
Espacio funcional	Functional space	<i>Refer Figure 4: Spatial hierarchy</i>
Parentezco	Parent	<i>Owning Plant reference e.g. "BG1141 Lifts".</i>
	Name	<i>Plant reference as defined</i>

Figura 5. Ejemplo de propiedades de los componentes del edificio orientados al mantenimiento

**Índice de condición del edificio (operación):** Es un método que se ha adoptado en este edificio para medir su limpieza y apariencia general, cuya información también se incluye en el modelo por medio de un formato como el de la figura 6.

	IFC property	Setting
Nombre	Name	<i>Asset element or place as defined above</i>
Descripción	Description	<i>Asset name as defined above (complementing the asset name)</i>
Fecha	BFI Date	<i>dd/mm/yyyy date the Fabric index was measured</i>
Calificación	BFI Rating	<i>% rating</i>
Calificación deseable	BFI Target	<i>% rating to be achieved</i>
Referencia con otros elementos	BFI Benchmark	<i>Reference rating</i>
Notas de la inspección	BFI Note	<i>Comments made at the measurement inspection</i>
Nombre de la inspección	BFI Inspection name	<i>Reference for inspection</i>
	BPI Date	<i>dd/mm/yyyy date the Presentation</i>

Figura 6 Ejemplo de propiedades de los componentes del edificio orientados a la operación

- Para finalizar se realiza una auditoría al modelo para su validación, esto se logra por medio de softwares como: Solibri Model Checker, Finland, NavisWorks Jetstream, UK y el DesignCheck, CRC for Construction Innovation, Australia.

En la figura 7 se puede observar la implementación del sistema en donde se observa el modelo en 3D y la información que se puede obtener de sus componentes. En este caso específico se realizó una prueba con los niveles de consumo de energía en las diferentes áreas del edificio.





Figura 7. Operatividad del Sistema de Administración de Edificios

### SITUACIÓN ACTUAL DE LA ADMINISTRACIÓN DE EDIFICIOS DE LA UADY

Para la UADY uno de los ejes fundamentales para el trabajo universitario es la consolidación de los campus por área del conocimiento, dotándolos de instalaciones apropiadas que faciliten la adecuación de espacios para el aprendizaje de los estudiantes y espacios funcionales de convivencia. Esto le ha significado una inversión de \$349, 288, 000.00 que se desglosa en la Tabla 3.

	M <sup>2</sup> Construidos	Monto total que se ha invertido en la construcción
Campus de Ciencias Sociales, Económico-Administrativas y Humanidades	22.025 m <sup>2</sup>	\$176, 200, 000
Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías	10, 942 m <sup>2</sup>	\$87, 536, 000
Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias	6, 037 m <sup>2</sup>	\$48, 296, 000
Campus de Ciencias de la Salud	1, 510 m <sup>2</sup>	\$12, 080, 000
Unidad Multidisciplinaria Tizimín	2, 710 m <sup>2</sup>	\$21, 680, 000
Unidad Académica Bachillerato con Interacción Comunitaria	437 m <sup>2</sup>	\$3, 496, 000
<b>Total</b>	<b>43, 661 m<sup>2</sup></b>	<b>\$349, 288, 000</b>

Administrar infraestructura con esta extensión es complejo y se hace más complicada debido a que los campus enlistados se encuentran en diversos puntos de la ciudad y presentan características propias. Sin embargo, esta cantidad no representa la superficie total de UADY debido a que cuenta con otro tipo de infraestructura tal como oficinas, unidades deportivas, coordinaciones y los edificios que han sido desalojados como consecuencia de su traslado a los campus.

Existe un departamento de Gestión del Medio Ambiente y otro de Ahorro y Eficiencia energética que tienen requerimientos específicos de información para llevar a cabo sus planes estratégicos, dichos requerimientos se enlistan a continuación:

<b>Eficiencia Energética</b>	La inversión en tecnologías amigables con el medio ambiente ha propiciado un ahorro de energía del 11%, lo equivalente al consumo eléctrico mensual de 1,000 casas*	Requiere Información de las instalaciones y equipos instalados para su operación
<b>Reforestación Institucional</b>	Se han plantado 530 árboles endémicos que tendrán una capacidad de captación de 12 Ton de CO2 al año.	Requiere Información de la superficie de áreas verdes y paso de instalaciones para ubicar las áreas para su sembrado.
<b>Gestión Ambiental</b>	* Se ha realizado el 1er Diagnóstico Ambiental Integral de la UADY * Se ha iniciado la etapa de implementación del SGA para alcanzar la Certificación ISO 14001:2004 * Se inicia con el diplomado "Programa de Liderazgo Ambiental para la Competitividad" * Certificación Ambiental de la SEMARNAT	Tiene un programa de protección civil que Elabora planes de atención a emergencias. Éste requiere información de la ubicación y características de la infraestructura en donde se llevan a cabo estas actividades.

Como se puede observar, se han planteado programas de construcción y mejora de las instalaciones universitarias; sin embargo, para lograr estos proyectos se necesita de información confiable sobre la cual se pueda trazar una estrategia adecuada.

## RESULTADOS

Actualmente se está trabajando para cumplir con el primer objetivo específico, el cual consiste en: analizar los sistemas existentes para la administración de infraestructura orientados a la operación y mantenimiento.

## CONCLUSIONES

- La importancia de la administración de los edificios radica en que ofrece datos y herramientas para la toma de decisiones de los administradores.
- En la primera sección del documento se hace evidente la importancia del periodo de operación en el ciclo de vida de los proyectos de construcción; en donde los costos de operación y mantenimiento pueden representar hasta el 55% del costo total considerando un periodo de 40 años.
- En cuanto al uso de la tecnología SIG, ésta ha sido utilizada para la administración de la infraestructura de las ciudades y muchos gobiernos la han implementado como una herramienta que proporciona datos localizados en un espacio específico que se representa por medio de imágenes y tablas de datos
- La tecnología BIM se ha implementado en varios proyectos para la administración de edificios desde su etapa de pre diseño hasta la de operación.

- La presente investigación puede contribuir al Programa de Gestión Responsable de la Infraestructura Institucional, proporcionando una herramienta piloto para la administración de infraestructura de la UADY.

## BIBLIOGRAFÍA

- Air Force Instruction MIL-STD-499B (Draft) (2005). Disciplined Systems Engineering Process.*
- Ciclo de Vida de un proyecto de Construcción. Documento tomado de: <http://www.maxwideman.com/papers/managing/summary.htm>. Capturado: Octubre 26, 2004. Traducción libre por: José H. Loría Arcila*
- Douglas, J. (1996) Building performance and its relevance to Facilities Management. "Facilities", Vol. 14 No.3, p 23–32.*
- Elmakis, D., Lisnianski, A. (2006) Life cycle cost analysis: Actual problem in industrial Management. "Journal of Business Economics and Management" 7(1), 5-8*
- Flanagan, R. and Norman, G. (1989) Life-Cycle Costing: Theory and Practice. RICS, Surveyors Publications Ltd, London*
- Gaio, C., de Brito, J., & Silvestre, J. (2012). Inspection and pathological characterization of gypsum plasterboard walls. *Materiales de Construcción*, 62(306), 285–297.*
- Haas, R., Hudson, W., Zaniewski, J. (1994). Modern pavement management, Krieger, Melbourne.*
- Hjelseth E. (2010) Exchange of Relevant Information in BIM Objects Defined by the Role- and Life-Cycle Information Model, "Architectural Engineering and Design Management", 6(4), p. 279-287*
- Isikdag U, Underwood J, Aouad G, Trodd N,.. (2007) Investigating the Role of Building Information Models as part of an Integrated Data Layer: A fire response management case, "Architectural Engineering and Design Management", 3, p. 124-142.*
- Lavy, S., Shohet, I. (2004) Integrated maintenance management of hospital buildings: a case study, "Construction Management and Economics", 22 (1), p 25-34.*
- MacSporran C., Tucker S. (1996) Target budget levels for building operating costs, "Construction Management and Economics", 14 (2), p 103-119.*
- Malczewski, J., (2006) GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, "International Journal of Geographical Information Science" 20 (7)*
- Municipal Asset Management Plans (2010). Disponible en [http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset\\_Management/Toolsand\\_Resources/AssetSMART](http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Toolsand_Resources/AssetSMART)*

*Municipal Asset Management Plans (2010). Documento tomado de [http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide\\_for\\_Municipal\\_Asset\\_Management\\_Plans](http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide_for_Municipal_Asset_Management_Plans). Capturado: Mayo 07, 2014. Traducción libre por: Pamela Alcalá*

*Municipal Asset Management Plans (2010) Disponible en [http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset\\_Management/Tools\\_and\\_Resources/AssetSMART\\_-\\_A\\_Local\\_Government\\_Self\\_Assessment\\_Tool\\_\(BETA\)--LGAMWG--September\\_2010.pdf](http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Tools_and_Resources/AssetSMART_-_A_Local_Government_Self_Assessment_Tool_(BETA)--LGAMWG--September_2010.pdf)*

*NBIMS, (2007), disponible en [http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMsv1\\_p1.pdf](http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMsv1_p1.pdf).*

*Oliva, R., Kallenberg, R. (2003) Managing the transition from products to services. "International Journal of Service Industry Management", 14(2), p.160–72.*

*Pratt R. (2011) Mulling Infrastructure Efficiency, Service Management. Powergrid. Disponible en: <http://www.power-grid.com> Recuperado el 24 de enero de 2014.*

*Richter, M., Governing Guide/ Mapping the Future, Governing Magazine. November 1992.*

*Sherif. A. (1999) Hospitals of developing countries: Design and construction economics. "Journal of Architectural Engineering", 5(3), p. 74- 81.*

*Sanford, K., McNeil S. (2008) Agent-Based Modeling: Approach for Improving Infrastructure Management. "Journal of Infrastructure Systems" 14 (3) p. 253-261.*

*Wong, A., Wong, F., Nadeem A. (2010) Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries, "Architectural Engineering and Design Management", 6 (4), p. 288-302*

**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**La norma internacional ISO 21500  
y su interrelación con la gestión  
de proyectos BIM (Building  
Information Modeling).**

**Arq. Felipe Choclán Gámez  
Dr. Manuel Soler Severino  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, ESPAÑA  
ESCUELA SUPERIOR DE ARQUITECTURA  
DPTO. DE CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA ARQUITECTÓNICAS**



## La norma internacional ISO 21500 y su interrelación con la gestión de proyectos BIM (Building Information Modeling).

**Arq. Felipe Choclán Gámez**

arquitecto@sachconsulting.com

**Dr. Manuel Soler Severino**

manueljose.soler@upm.es

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, ESPAÑA

ESCUELA SUPERIOR DE ARQUITECTURA

DPTO. DE CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA ARQUITECTÓNICAS

### ABSTRACT

There have always been moments of changes during the history of the construction, and every change has been deeply studied. In actual practice construction pays attention to the management and direction of projects growing, and this is why large organizations are adopting tools that facilitate this management. The BIM methodology is one of these tools, but it has resulted in a separation of ideologies. It has begun to compare the differences between a project through the traditional process management and management through this methodology.

BIM CAN BE A DECISIVE ADVANTAGE ON THE ROAD TO EFFICIENT MANAGEMENT. At the same time BIM is an information management resource, and as such, can be used to illustrate the entire process of building, maintenance and even demolition. BIM is an open platform for project information available to all the players involved (“stakeholders”) in the process of construction. BIM, as well as the ISO 21500, have processes and procedures; and like this, areas of knowledge and phases for each deliverable of the process. BIM is the methodology that allows the sharing of information effectively and reliably and ISO 21500 sharing processes management.

### KEYWORDS

NORMA ISO-21500, BIM MANAGEMENT.

## RESUMEN

Siempre ha habido momentos de cambios durante la historia de la construcción, y cada cambio ha sido estudiado profundamente. En la práctica actual la construcción presta una atención cada vez mayor a la Gestión y Dirección de Proyectos, y es por esto que las grandes organizaciones están adoptando herramientas que faciliten esta gestión. La metodología BIM es una de estas herramientas, pero ha traído como consecuencia una separación de ideologías. Se ha empezado a comparar las diferencias entre la gerencia de un proyecto mediante el proceso tradicional y la gestión a través de esta metodología.

BIM PUEDE SUPONER UNA VENTAJA DECISIVA EN EL CAMINO HACIA UNA GESTION EFICIENTE. A su vez BIM es un recurso de Gestión de Información, y como tal, puede ser utilizado para ilustrar el proceso completo de edificación, de mantenimiento e incluso de demolición; BIM es una plataforma abierta de información del proyecto disponible para todas los agentes involucrados ("stakeholders") en el proceso de construcción, al igual que la ISO 21500, tiene procesos y procedimientos; y, al igual que ésta, áreas de conocimiento y fases para cada entregable del proceso.

BIM es la metodología que permite la compartición de la información de forma eficaz y fiable e ISO 21500 la Gestión de los procesos de compartición.

## PALABRAS CLAVE

NORMA ISO-21500, BIM MANAGEMENT



## INTRODUCCIÓN

BIM es 90% Sociología, 10% Tecnología. La Industria de la Construcción debe buscar y aprender a trabajar de un modo diferente. Los flujos de información tradicionales son un gran problema y no es sostenible como se manejan, existiendo gran pérdida de información entre todos los interesados. En estos momentos la información de los proyectos está fragmentada e incompleta. No obstante se piensa que para obtener un adecuado rendimiento de la implementación de BIM en los proyectos es preciso seguir unas pautas que garanticen el correcto desarrollo del mismo.

Building Information Modeling (BIM) es un proceso / tecnología que está ganando rápidamente la aceptación en las empresas de planificación, arquitectura, ingeniería, construcción, operaciones y mantenimiento, pero expertos en el sector opinan que la implementación exitosa de BIM en un proyecto no es un hecho trivial. Se piensa que mediante el desarrollo de un Plan de Proyecto que haga referencia a las herramientas y las técnicas de la metodología BIM partiendo de las directrices que plantea la norma ISO 21500, se asegura el éxito del proyecto.

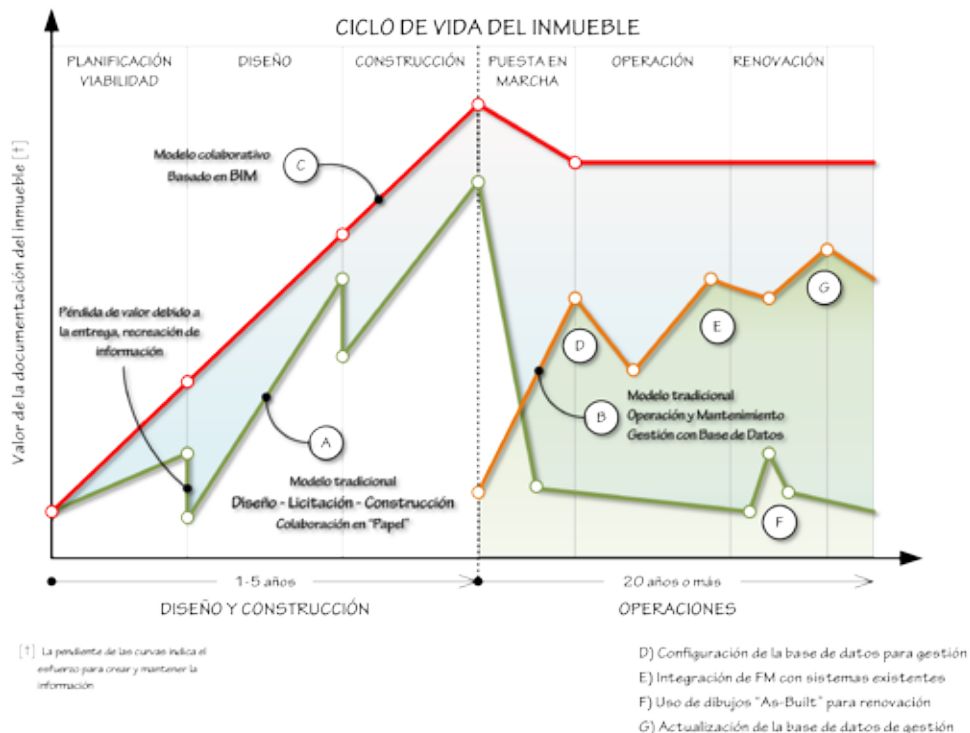


Figura.1 "Representación gráfica de las pérdidas de datos durante el tiempo de vida de un edificio." (BIM HANDBOOK SECOND EDITION-pág.153) (Eastman, C. y otros, 2011)

En la imagen anterior se comparan el proceso tradicional y el proceso de entrega BIM basado en la colaboración. La curva inferior, con forma de diente de sierra, ilustra las pérdidas de información en el proceso tradicional cuando vamos cambiando de fase en el ciclo de vida. No somos capaces de utilizar la información generada en fases anteriores y tenemos que producir de nuevo gran parte de la misma. Un ejemplo claro es la fase de operación y mantenimiento donde casi no se conserva información en la práctica, a pesar de supuestamente, haber producido un proyecto "as-built". En

la curva superior, al basarse en una metodología BIM la información se va creando de manera continua. Aparece una pérdida al pasar a operación puesto que necesitamos menos información para operar que para construir. La Norma ISO 21500 plantea desde el inicio establecer qué información se va a distribuir y a quién, identificando los stakeholders y gestionando la información desde un punto de vista global y pormenorizado para cada parte interesada en el proyecto.

Por eso entendemos que BIM es una plataforma abierta de información del proyecto, disponible para todos los agentes involucrados en el proceso de construcción. Esto nos permite a todos los usuarios utilizar la información integrada del edificio de una manera más eficiente, pudiendo ser utilizada para ilustrar el proceso completo de la edificación, de mantenimiento e incluso de demolición (BSI, 2013 ) (BSI, 2014) (Richardas, M., 2010).

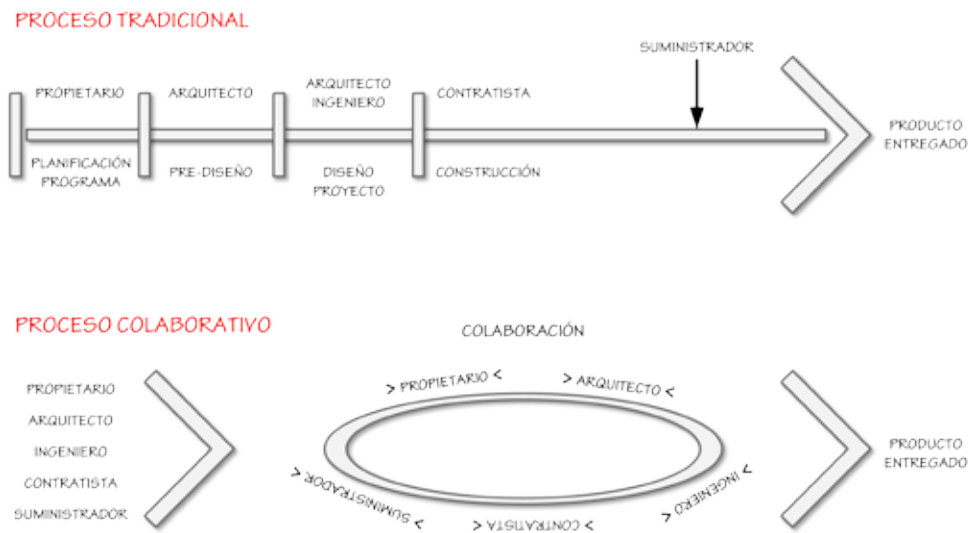


Figura.2 Proceso Tradicional vs colaborativo. (Thomassen M., 2011)

En el sistema tradicional de construcción el flujo de trabajo es lineal y secuencial; desarrollándose en secciones: el propietario realiza el "Planning Program", contrata al Arquitecto que realiza un Anteproyecto. Cuando éste acaba y tiene la aprobación empieza el proyecto básico. Hasta que éste no está acabado, las ingenierías no entran a trabajar y hasta que el proyecto no está totalmente acabado, no comienza el constructor. En un flujo de trabajo BIM, el proceso es colaborativo y se desarrolla de manera integrada y cíclica.

Trabajando con una metodología BIM todas las preguntas clave: *¿QUÉ?*, *¿CÓMO?* y *¿QUIÉN?*, se adelantan a fases más tempranas del proyecto, por lo que el riesgo y la incertidumbre son más fáciles de detectar.

Para lograr lo anterior BIM obliga a la comunicación de las partes, al trabajo coordinado y colaborativo. La norma ISO 21500 complementa este aspecto al plantear de qué modo gestionar la comunicación por medio de una serie de entradas y de salidas que aseguren el correcto intercambio de la información.

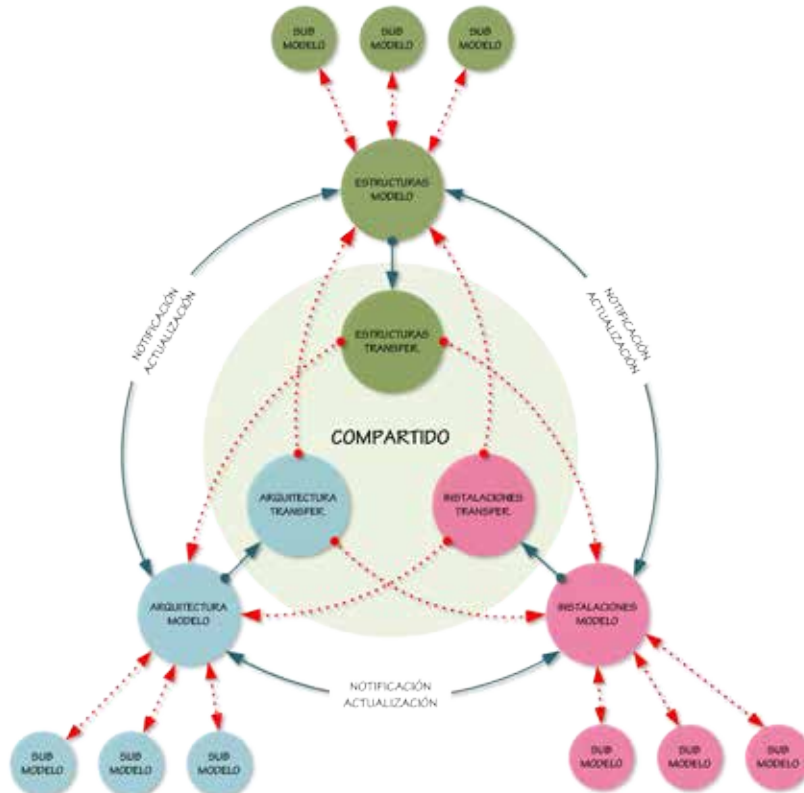


Figura.3 Intercambio de información del modelo. (AEC (UK) Initiative, 2012)

La colaboración entre los equipos de diseño, que intervienen en un proyecto, debe basarse en crear y producir información. Para esto se deben utilizar estándares, procesos, normas y métodos comunes, de modo que se asegure que la calidad y el contenido de la información que se crea y se obtiene pueden ser utilizadas y no da lugar a otras interpretaciones. La norma ISO 21500 ofrece un marco común, internacional y accesible para todas las empresas de Project Management, facilitando la gestión del proyecto entre los equipos de diseño. Esta información será accesible para todos a través de un repositorio compartido o un protocolo de intercambio. Los datos antes de ser compartidos deberán ser verificados, aprobados y validados de acuerdo a los flujos de trabajo. Esto es lo que se conoce como un Entorno Común de Información (*"Common Data Environment"*)

El proyecto puede explicarse de manera más completa y fiable, con lo que las peticiones de intercambio de información en el momento de la obra serán menores, favoreciendo el trabajo de la dirección facultativa.

BIM también ofrece los beneficios de una mejora de la comunicación y la calidad de los directores de proyectos. Pueden ver la progresión del edificio durante la fase de diseño, disponiendo una mejor base para evaluar el programa y el presupuesto (pre-construcción). Se obtiene un mayor control en la fase de construcción.

## OBJETIVOS DE BIM

La implementación BIM está enfocada a la realización de un modelo integrado (que no un único modelo), paramétrico y federado del Proyecto, encaminada a la consecución de los siguientes objetivos:

**MODELO INTEGRADO:** Generar un modelo virtual con visibilidad 3D, pero con información, como los costes y una aproximación a la planificación (conocido por algunos autores como modelos 4D ó 5D), como única fuente de información paramétrica del Proyecto que contendrá por tanto toda la información necesaria para poder emitir la documentación (planos, cuadros de superficies...) que sea necesaria para el cliente, las Administraciones Públicas, futuros fabricantes y contratistas.

**COMPRENSIÓN DEL PROYECTO:** Facilitar la comprensión del Proyecto, su estructura, obra civil y sus instalaciones, para futuros usuarios y responsables de explotación y mantenimiento del mismo.

**ANÁLISIS Y AUDITORÍA DEL PROYECTO:** Verificar el cumplimiento de programas de superficies y usos, comparando el programa deseado para el Proyecto, las medidas del mismo y las medidas generadas en el modelo.

**DEFECTOS DEL PROYECTO:** Detectar las posibles inconsistencias en la documentación previa del proyecto.

**ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS:** Detectar las posibles interferencias entre las distintas instalaciones. Suele ser habitual encontrarse en obra con problemas entre la estructura y las instalaciones. Anticiparse en fase de proyecto reduce retrasos y sobrecostes en la fase de construcción.

**CONTROL DE LA MEDICIÓN:** Verificar posibles errores en la medición de forma previa a la adjudicación de los trabajos de construcción.

**CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO:** Asegurar el equilibrio/veracidad de la información de los planos con la memoria, las tablas de superficies, los volúmenes, las mediciones de los elementos del edificio, para el uso correcto por parte de todos los agentes implicados en el proyecto.

**INFORMACION CONTROLADA:** Control de acceso a la información de la base de datos del Proyecto por medio de autorizaciones por roles y sistemas de workflow. Se acaba con las múltiples versiones del mismo Proyecto en diferentes ubicaciones.

**CONTROL DE CAMBIOS DEL PROYECTO:** Una vez modelizado y documentado el modelo, cualquier cambio del mismo por grande o pequeño que sea se realizará sobre el modelo de manera que una vez realizado toda la documentación del proyecto se actualizará automáticamente sin necesidad de modificar uno a uno todos los planos, mediciones, tablas, y puede verificar que no interfieran con ninguna fase del proyecto.

**CONTROL DE LA SEGURIDAD Y SALUD:** el modelo integrado permite detectar los riesgos antes de comenzar la obra y durante su ejecución, permitiendo que desde las fases tempranas se planifique la coordinación del Plan de Seguridad y Salud, reduciendo el porcentaje de accidentes en el lugar de

trabajo durante la ejecución de la obra.

**ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD:** Poder adaptar los criterios de sostenibilidad durante el ciclo de vida del proyecto sin verse afectado por la toma de decisiones y órdenes de cambio, optimizándose en cada momento según los criterios de sostenibilidad establecidos al inicio. Se optimiza el diseño del edificio para una mejor eficiencia en su funcionamiento y reducción de costos para todo su ciclo de vida. Acelera la certificación energética ya que el diseño y cálculos iniciales pueden ser utilizados para la verificación.

Para lograr estos objetivos BIM al igual que la ISO 21500, tiene procesos y procedimientos y al igual que ésta, áreas de conocimiento y fases, para cada entregable del modelo. La realización de un proceso de implementación BIM, mediante la norma UNE-ISO 21500 nos proporciona las directrices para la dirección y gestión de proyectos con éxito.

## **ESTRUCTURA DE LA NORMA ISO 21500 Y EL PLAN BIM**

En todos los proyectos se reconocen 5 grupos de procesos; INICIO, PLANIFICACIÓN, IMPLEMENTACIÓN, CONTROL, CIERRE (ISO 21500, 2013).

Así mismo se tienen 10 grupos de materias: INTEGRACIÓN, PARTES INTERESADAS, ALCANCE, RECURSOS, TIEMPOS, COSTES, CALIDAD, ADQUISICIONES, COMUNICACIÓN (ISO 21500, 2013).

La dirección de proyectos con metodología conjunta **BIM+ISO21500 (BIM-MANAGEMENT)** se puede estructurar en 39 procesos que vinculan los grupos de materia durante los cinco grupos de procesos, es decir, durante el ciclo de vida del proyecto y cada proceso se gestiona mediante una serie de entradas y salidas, que van controlando en cada momento el estado del proyecto, la información y en general la optimización de los recursos para obtener un proyecto BIM con mayor éxito que otro con gestión tradicional (ISO 21500, 2013). Apoyándonos en las pautas de la Norma ISO 21500 podemos planificar la gestión del proyecto para alcanzar los objetivos mencionados anteriormente, y dejar reflejados los requisitos en el Plan BIM.

### *GRUPO DE PROCESO DE INICIO:*

Los procesos de inicio se utilizan para comenzar una fase del proyecto o el proyecto; para definir la fase del proyecto o los objetivos del proyecto y para autorizar al director del proyecto a proceder con el trabajo de proyecto.

Los principales procesos de este grupo de procesos son los siguientes:

- Acta de Constitución del proyecto.**
- Identificar las partes interesadas.**
- Establecer el equipo del proyecto.**

La identificación de las partes interesadas es esencial para la elaboración del Plan BIM, ya que que-

dará reflejado desde el comienzo a quién distribuir la información, en qué medida y qué filtros emplear.

*GRUPO DE PROCESO DE PLANIFICACIÓN:*

Los procesos de planificación se utilizan para desarrollar los detalles de planificación. Este detalle debería ser suficiente para establecer líneas base contra las que se gestiona la implementación del proyecto y se mide y controla la ejecución del proyecto.

La Norma ISO21500 establece una serie de procesos en los que nos apoyaremos para desarrollar el Plan de Proyecto. Se entiende que el Plan BIM es un subproyecto del Plan de Proyecto.

- Dirigir el trabajo del proyecto.**
- Gestionar las partes interesadas.**
- Desarrollar el equipo de proyecto.**
- Tratar los riesgos.**
- Realizar el aseguramiento de la calidad.**
- Seleccionar proveedores.**
- Distribuir la información.**

Entre las partes interesadas que forman parte del Plan BIM resulta imprescindible definir desde el comienzo los canales de comunicación que se emplearán, con la finalidad de evitar riesgos relacionados con la distribución de la información. Es decir, las necesidades de la infraestructura tecnológica y la estrategia de ejecución.

*GRUPO DE PROCESO DE CONTROL:*

Los procesos de control se emplean para monitorizar, medir y controlar el desempeño del proyecto con respecto al plan de proyecto. Por consiguiente se pueden tomar acciones preventivas y correctivas y se pueden realizar las solicitudes de cambio, cuando sean necesarias, para lograr los objetivos del proyecto.

Los principales procesos del grupo de procesos de control son los siguientes:

- Controlar el trabajo de proyecto.**
- Controlar los cambios.**
- Controlar el alcance.**
- Controlar los recursos.**
- Gestionar el equipo de proyecto.**
- Controlar el cronograma.**
- Controlar los costos.**

**Controlar los riesgos.**

**Realizar el control de la calidad.**

**Administrar los contratos.**

**Gestionar las comunicaciones.**

Como se ha comentado, controlar la medición de un modo eficiente, es uno de los objetivos principales de BIM, con el fin de minimizar los errores previos a la adjudicación. Lo mismo ocurre con el control de los cambios, de importancia máxima a lo largo del proyecto. Como mecanismo de control, el contrato es la herramienta fundamental que ha de quedar perfectamente definida tanto en el Plan de Proyecto como en el Plan BIM.

#### *GRUPO DE PROCESO DE CIERRE:*

Los procesos de cierre se utilizan para establecer formalmente que la fase del proyecto o el proyecto está concluido y proporcionar las lecciones aprendidas para que sean consideradas e implementadas según sea necesario.

Los principales procesos del grupo de procesos de cierre son los siguientes:

**Cerrar la fase del proyecto o el proyecto.**

**Recopilar las lecciones aprendidas.**

Recopilar toda la información en el “modelo integrado” resulta imprescindible para llevar a cabo la gestión del mantenimiento del edificio una vez finalizada la ejecución del mismo, y entregar al cliente toda la documentación que hace referencia al proyecto en un único modelo.

La Norma ISO21500, a diferencia de otras guías, manuales o certificaciones internacionales, permite que la Organización utilice sus propias herramientas y técnicas, posibilitando de esta manera la utilización de la metodología BIM, de acuerdo a las directrices que plantea la Norma.

## **CONCLUSIONES**

Con la metodología BIM–MANAGEMENT-y las Directrices de la Norma Internacional-ISO 21500 se logra incluir a los “Stakeholders” –cliente, patrocinadores, arquitectos, ingenieros, constructores, etc. en una fase más temprana del proyecto. De este modo se consigue hacer “pre construcción” de modo que se minimizan Riesgos (en costes y planificación), con el consiguiente ahorro en tiempos y en costes, mejora de la calidad, de la Seguridad y Salud y de la Sostenibilidad. Gestionando los proyectos de forma normalizada, siguiendo las Directrices de la ISO 21500 y las herramientas y Técnicas de cada Organización.

Y en conclusión se MEJORA el PROCESO CONSTRUCTIVO.

## REFERENCIAS

*Eastman C. y otros, 2011, BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, 2ª Edición, Hokoben NJ, John Wiley & Sons.*

*BSI, 2013, PAS 1192-2:2013 INCORPORATING CORRIGENDUM No.1 Specification for Information Management for the Capital/Delivery Phase of construction projects using Building Information Modeling, London, The British Standards Institution.*

*BSI, 2014, PAS 1192-3:2014 Specification for Information Management for the Operational Phase of Assets using Building Information Modeling, London, The British Standards Institution.*

*Richardas, M., 2010, Building Information Management, a Standard Framework and Guide to BS1192, London, The British Standards Institution.*

*Thomassen M., 2011 BIM and Collaboration in the AEC Industry, Aalborg, Aalborg University.*  
*AEC (UK) Initiative, 2012, AEC-UK-BIM PROTOCOL V.2, London, AEC (UK) Initiative.*

*ISO 21500, 2013, NORMA ISO 21500, Madrid, AENOR.*



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

# **Administración y Tecnología de la Construcción**



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Propuesta para la  
administración integral  
de la infraestructura de la  
Ciudad de Mérida, Yucatán**

**Arq. Elsa América del Carmen Baas Cruz  
Mtro. José Antonio González Fajardo  
Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez  
Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN**



## Propuesta de un sistema de administración de infraestructura para la UADY, utilizando tecnologías SIG y BIM

**Arq. Elsa América del Carmen Baas Cruz**

america.baas@gmail.com

**Mtro. José Antonio González Fajardo**

jose.gonzalez@uady.mx

**Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez**

selene.audeves@uady.mx

**Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé**

zgrife@uady.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

### ABSTRACT

Infrastructure is one of the essential components of cities for their development, as it has a direct relation to the life quality of its inhabitants. The growth of cities in Mexico is what has prompted the construction of new infrastructure and maintenance of existing. However, investment in this area has been insufficient and inefficient. That is why the need to optimize public investment conducive to applying each government administrative models arises. This research will develop a proposal to improve the management of the infrastructure of the city of Merida, Yucatan, taking as a case study of the streets, parks, sidewalks and parks of the Historic Center of the City. The proposal will be developed in three stages. In the first stage will be obtained and analyzed by the corresponding determination of the sample, the definition of the instruments and the comparative analysis of administrative models developed countries like USA, Canada, etc., and models the current government. In the second stage the proposal to improve infrastructure management will be developed. In the third stage the model developed as a case study the infrastructure of the historic center of the city of Merida, Yucatan, Mexico will be applied.

### KEYWORDS

Infrastructure, infrastructure management, management models

## RESUMEN

La infraestructura es uno de los componentes esenciales de las ciudades para lograr su desarrollo, ya que tiene una relación directa con la calidad de vida de sus habitantes. El crecimiento de las ciudades en México es el que ha impulsado la construcción de una nueva infraestructura, así como el mantenimiento de la existente. Sin embargo la inversión en este rubro ha sido insuficiente e ineficiente. Es por esto que surge la necesidad de optimizar la inversión pública aplicando modelos administrativos adecuados para cada gobierno. En este trabajo se desarrollará una propuesta para mejorar la administración de la infraestructura de la Ciudad de Mérida, Yucatán, tomando como caso de estudio de las calles, banquetas parques y jardines del Centro Histórico de la Ciudad. La propuesta será desarrollada en tres etapas. En la primera etapa se obtendrá y analizará la información correspondiente a través de la determinación de la muestra, la definición de los instrumentos y el análisis comparativo entre modelos administrativos desarrollados en países como Estados Unidos, Canadá, etc., y los modelos del Gobierno actual. En la segunda etapa se desarrollará una propuesta de mejora de la administración de la infraestructura. En la tercera etapa se aplicará el modelo desarrollado tomando como caso de estudio la infraestructura del Centro Histórico de la Ciudad de Mérida, Yucatán, México.

## PALABRAS CLAVE

Infraestructura, administración de la infraestructura, modelos de administración.

## INTRODUCCIÓN

Existe un consenso general sobre la importancia económica de la infraestructura; sin embargo, el suministro adecuado de la misma a nivel mundial se encuentra en peligro por dificultades financieras, inversiones insuficientes, y un mantenimiento deficiente<sup>1</sup>.

La administración de la infraestructura, se percibe como una actividad compleja, debido a que las instancias en las cuales recaen estas acciones pueden encontrarse en diferentes sectores y niveles de gobierno.

La inversión impulsada por el sector público en México ha aumentado de 3.1% del PIB a 4.5% en una década; sin embargo esto no ha sido suficiente para satisfacer las necesidades de la población<sup>2</sup>.

El Gobierno del Estado de Yucatán, reconoce que el objetivo principal en el sector de la infraestructura es el reforzamiento de la misma y el desarrollo económico; es así que desde el año 2012 trabaja en el Centro Histórico de la Ciudad de Mérida. Estos trabajos consisten en dotarlo de mejores banquetas y calles, ya que la parte central del plan estatal son los peatones<sup>3</sup>.

Por su parte en el Ayuntamiento de la ciudad de Mérida, el mantenimiento que se lleva al cabo en la infraestructura es de tipo correctivo. Esto debido a que la administración se debe planear a largo plazo, sin embargo la permanencia del Gobierno Municipal es de tres años, por lo que su interés se centra la construcción de obras a corto plazo.

Esta práctica se ve modificada en el gobierno actual, ya que ha mostrado interés en proveer de una administración a la infraestructura, que conllevaría a un mantenimiento integral y planificado<sup>4</sup>.

A pesar de esto, el Ayuntamiento carece de herramientas metodológicas que le permitan llevar al cabo dicha administración, actualmente el mantenimiento de sus bienes es a través de reportes ciudadanos, limitándose a un mantenimiento reactivo.

Otro de los rubros en los que el Ayuntamiento de Mérida pone especial énfasis es en el cuidado de los Parques y Jardines que posee la ciudad, teniendo los parques principales en el Centro Histórico de Mérida<sup>5</sup>.

---

1 Tobias Dechant & Konrad Finkenzyler (2013) How much into infrastructure? Evidence from dynamic asset allocation, *Journal of Property Research*, 30:2, 103-127, DOI: 10.1080/09599916.2012.731075.

2 Gobierno de la República (2013). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND). Disponible en: <http://pnd.gob.mx/> Recuperado el 12 de enero de 2014.

3 Obras Públicas. Disponible en <http://www.obraspublicas.yucatan.gob.mx/boletines/verarticulo.php?id=214> Recuperado el 14 de enero de 2014.

4 Acosta Ibarra, Seidy. (2013). Entrevista con la autora con fines diagnósticos de la situación de la administración de la infraestructura a nivel local, llevada al cabo el día 23 de septiembre de 2013. Subdirección de Proyectos. Dirección de Obras Públicas, Ayuntamiento de Mérida.

5 Ayuntamiento de Mérida (2012). Plan Municipal de Desarrollo de Yucatán 2012-2015. (PMD) Disponible en: <http://www.merida.gob.mx/yosirespeto/portal/gobierno/contenido/planmunicipaldesarrollo.html> Recuperado el 12 de enero de 2014.

De esta manera se puede vislumbrar un interés tanto del Gobierno Estatal como del Municipal, a través de sus facultades y con sus respectivas limitantes administrativas, de dotar de una infraestructura de calidad al Centro Histórico de la Ciudad de Mérida, por lo que este trabajo se enfocará a realizar una propuesta para mejorar la administración de la infraestructura de la Ciudad de Mérida Yucatán, tomando como caso de estudio de las calles, banquetas parques y jardines del Centro Histórico de la Ciudad de Mérida, Yucatán, México.

## **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una propuesta para mejorar la administración de la infraestructura de la Ciudad de Mérida, Yucatán, tomando como caso de estudio de las calles, banquetas parques y jardines del Centro Histórico de la Ciudad.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Investigar las prácticas que conforman el o los modelos actual(es) de la administración de la infraestructura de las autoridades locales.
- Comparar el o los modelos actual(es) para la administración de la infraestructura de las autoridades locales con aquellos que se han implementado con éxito en algunos países de América.
- Recopilar la información pertinente para desarrollar una propuesta de mejora de un sistema de administración de infraestructura pública para las autoridades locales con base en modelos que han demostrado ser exitosos.

## **DESARROLLO**

### **REVISIÓN DE LA LITERATURA**

#### **LA ADMINISTRACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA**

La presente investigación se orientará hacia la administración de la infraestructura física de la ciudad de Mérida, por lo que las palabras y términos claves que son necesarios definir con precisión son “administración”, “infraestructura”, “administración de la infraestructura”.

Suárez (2000), considera a la administración como “La integración dinámica y óptima de las funciones de planeación, organización, dirección y control para alcanzar un fin grupal, de manera más económica y en el menor tiempo posible”<sup>6</sup>

---

6 Suárez C. (2000), Administración de Empresas Constructoras, LIMUSA, México, D.F.



Según el Banco Interamericano de Desarrollo (2010), es posible definir la infraestructura como el conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones -por lo general, de larga vida útil- que constituyen la base sobre la cual se produce la prestación de servicios considerados necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales.<sup>7</sup>

Alberta Urban Municipalities Association (2014) menciona que la administración de la infraestructura es definido como el proceso de administrar los activos que posee el municipio de una manera eficiente en cuanto al costo, por medio del análisis del ciclo de vida de todos los activos en una comunidad en orden de desarrollar información acerca el mantenimiento futuro, nuevos desarrollos tecnológicos y la capacidad de los recursos.<sup>8</sup>

## LA IMPORTANCIA DE LA INFRAESTRUCTURA Y SU ADMINISTRACIÓN

La revisión de la literatura permitirá establecer la necesidad e importancia de administrar eficientemente la infraestructura.

Zambrano y Aguilar (2011) en su investigación analizan el desempeño reciente de los países andinos -Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia- en cuanto a dotación de infraestructura y en la viabilidad de invertir en ella por parte del gobierno, concluyendo que la inversión en cantidad y calidad de infraestructura puede producir mejoras notables en la distribución del ingreso, ubicando a los países de la región andina en un rango de hasta 15% del índice Gini de 2009.<sup>9</sup>

Amador et al (2012) describe una correlación entre la extensión y la eficiencia de la infraestructura física de los países con su desarrollo nacional, el cual es medido por medio del Producto Interno Bruto. En este estudio se demuestra que para países desarrollados, la inversión acumulada de infraestructura per cápita guía hacia altos niveles de PIB, teniendo un movimiento per cápita de US\$10,000 (en 1980) a US\$40,000- \$50,000 en 2009.

Por su parte Sánchez y Rozas (2004) puntualizan que las economías de cada país requieren de redes de infraestructura de comunicación, energía y transporte bien desarrolladas para expandir su mercado interno y competir internacionalmente.

## MODELOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

Asset Management BC (2011) a través de the Guide for using the Asset Management BC Roadmap, presenta una metodología para implementar las mejores prácticas en la administración de la infraestructura.

7 Banco Interamericano de Desarrollo (2010), citado por Sánchez R. y Rozas P. (2004). Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual, Publicación de las Naciones Unidas, Santiago, Chile.

8 Alberta Urban Municipalities Association (2014) Guide for Municipal Asset Management Plans. Alberta, Canadá. Disponible en [http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide\\_for\\_Municipal\\_Asset\\_Management\\_Plans](http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide_for_Municipal_Asset_Management_Plans) . Recuperado el 26 de marzo de 2014.

9 El Banco Mundial (2014). Índice de Gini, El Banco Mundial. Disponible en <http://datos.bancomundial.org/indicador/SI.POV.GINI>. Recuperado el 13 de marzo de 2014.

El roadmap ha sido diseñado para que las organizaciones se puedan guiar a través de pasos para implementar niveles básicos de administración de la infraestructura usando un enfoque modular. Las seis categorías que encabezan este enfoque son las siguientes, tal como se muestra en la Figura 1.

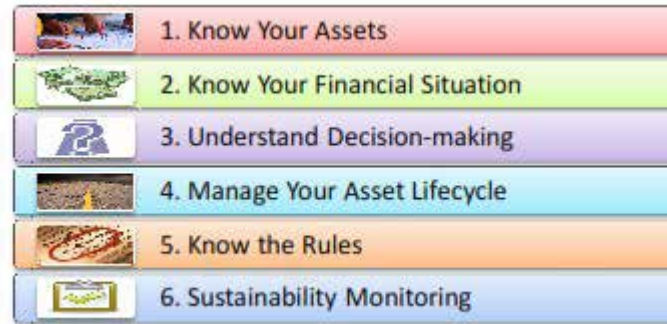


Figura 1. Seis categorías del Roadmap. Fuente: Asset Management BC (2011). Guide for using the Asset Management BC Roadmap.

El formato modular fue diseñado para descomponer en los componentes principales la administración de la infraestructura en tarea y actividades que pudieran ser realizadas individualmente. Este modelo se destaca porque presenta cada tarea en términos de lo que se necesita ser alcanzado sin la condicionante de algún software específico, estructura o formato. Lo que provee de una máxima flexibilidad.

En este modelo se caracteriza de igual manera en dividir las Administración de la Infraestructura en Niveles. Existen tres niveles diferentes para la administración de la infraestructura: básico, intermedio y avanzado<sup>10</sup>.

Una de las metodologías que se presenta de manera amplia, es la que propone Alberta Urban Municipalities Association (2014) ya cuenta con una guía municipal de planes para la administración de los activos fijos.

Según esta modelo, cada tipo de activo tiene una vida útil definida, la cual se puede definir como el periodo en que un activo provee un nivel aceptable de servicio en términos de calidad, cantidad, confiabilidad, costo y capacidad de respuesta<sup>11</sup>.

Dicha guía consta de cinco pasos básicos para desarrollar un plan para la administración de los activos de los municipios, que se mencionan a continuación:

### 1. Estado de la infraestructura y activos locales

a) Conocer los activos del municipio.- El primer paso para administrar los activos es aprender

<sup>10</sup> Asset Management BC (2011). Guide for using the Asset Management BC Roadmap, Opus International Consultants. Canadá.

<sup>11</sup> Alberta Urban Municipalities Association (2014) Guide for Municipal Asset Management Plans. Alberta, Canadá. Disponible en [www.auma.ca\\_live\\_digitalAssets\\_75\\_75639\\_State\\_of\\_Local\\_Infrastructure\\_and\\_Assets](http://www.auma.ca_live_digitalAssets_75_75639_State_of_Local_Infrastructure_and_Assets). Recuperado el 26 de marzo de 2014

y entender su estado actual.

b) Desarrollar un inventario de activos.- Un inventario básico de la infraestructura debe incluir, como mínimo: Tipo de activo, ubicación, cantidad y tamaño, material, vida útil, fecha de instalación y edad, vida útil remanente.

## 2. Entender la situación financiera de los municipios

a) Inversión actual en los activos.- La administración de los activos tiene previsto utilizar los costos totales del ciclo de vida de los activos, lo cual se define como el costo total a lo largo de su vida.

b) Costos de operación y mantenimiento.- El objetivo final de entender y mantener el costo del ciclo de vida es ahorrar dinero.

c) Fuentes de financiamiento.- Las fuentes de financiamiento se refieren a los recursos que servirán para financiar la administración de la infraestructura.

## 3. Toma de decisiones informadas

a) Evaluar el proceso de toma de decisiones actual.- El esquema del proceso de toma de decisiones describe cómo se deben tomar las decisiones en el municipio.

b) La brecha de mejoramiento.- La diferencia entre el actual proceso de toma de decisiones y el ideal proceso de toma de decisiones es conocida como la brecha de mejoramiento.

c) Plan de acción.- Un plan de acción resume los primeros cinco pasos que ayudarán al municipio en proveer servicios sustentables y en adaptarse a los cambios imprevistos, emergencias y cambios en las fuentes de financiamiento. Este proceso se puede apreciar en la Figura 2.

## 4. Administración del ciclo de vida de los activos

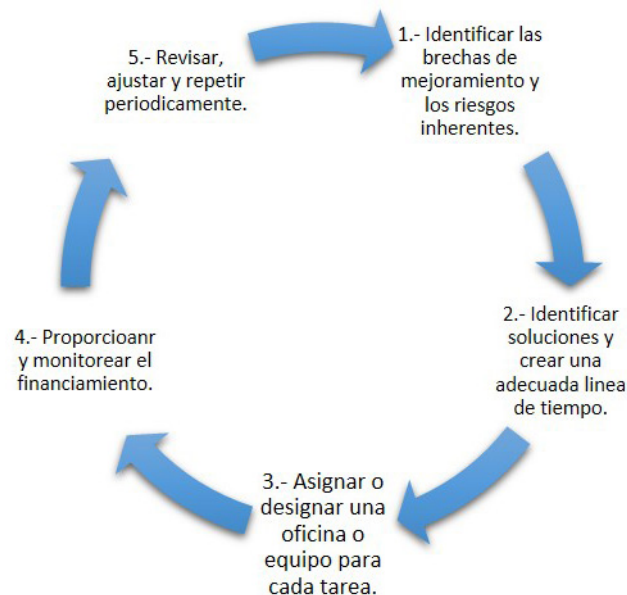


Figura 2. Desarrollo de un plan de acción para cada brecha de mejoramiento identificada. Fuente: Alberta Urban Municipalities Association (2014) Guide for Municipal Asset Management Plans.

- a) Condición de los activos.- La condición de los activos es una medida de su estado físico y provee de indicadores si los niveles de servicio esperados fueron o no alcanzados.
- b) Activos críticos y niveles de servicio.
  - Activos Críticos. - Los activos críticos son aquellos que tienen un gran riesgo de falla y tienen mayores consecuencias si lo hacen.
  - Niveles de Servicio.- La vida de servicio de un activo se refiere al período de que un activo proporciona un nivel aceptable de servicio.

#### 5. Establecer, revisar, cumplir y responder

- a) Establecer y mantener metas estratégicas.- Establecer las metas es una oportunidad de los municipios a asegurar que las metas de negocios, las metas de las partes interesadas y las metas estratégicas se encuentren acordes.
- b) Desarrollar una visión para la sustentabilidad a largo plazo.- Desarrollar una perspectiva para la sustentabilidad a largo plazo es la acción de desarrollar las políticas internas que establecen el régimen y monitorean el estatus de la capacidad del municipio de asegurar los activos sustentables.
- c) Monitoreando el cumplimiento.- El monitoreo del cumplimiento se refiere a la actividad de adherir reglas, reglamentos y los estándares de la industria que rigen la infraestructura municipal, activos, finanzas y la gobernanza.

*Guide to integrated Strategic Asset Management* es una guía de Gestión de Activos Estratégico Integrado, proporciona un esquema contemporáneo para ayudar a los responsables de la prestación y gestión de activos construidos para satisfacer las necesidades de suministro de la comunidad y de servicios. La Guía también pone de relieve la necesidad de minimizar el riesgo, lograr una buena relación calidad-precio, y promover la sostenibilidad. Se articula estrategias claves para ayudar en esta tarea.

La administración estratégica Integrada de Activos (ISAM) reúne a la economía, ingeniería, tecnología de la información, la sostenibilidad y los elementos humanos para formar un enfoque holístico para la entrega de los bienes construidos. Este enfoque reconoce la combinación de estos elementos en un todo mayor, así como sus interrelaciones e interdependencias. Se centra en el largo plazo dirección de la gestión general de los activos de infraestructura e ingeniería activos, teniendo en cuenta las cuestiones operacionales inmediatas. La Guía ofrece una base para la toma de decisiones y la aplicación de la gestión de activos.

Esta Guía se centra en un enfoque integrado de la gestión de los activos construidos. Se toma en cuenta la forma construida y considera elementos humanos y ecológicos. También destaca que las organizaciones pueden trabajar juntas para ofrecer los máximos resultados.

La gestión de activos es el proceso de organización, planificación, diseño y el control de la adquisición, protección, restauración, y la disposición final de la infraestructura y los activos de ingeniería para apoyar la prestación de servicios. Es un proceso sistemático, proceso estructurado que abarca toda la vida de los activos físicos.

El objetivo de la gestión de activos es la optimización de la prestación de servicios de los activos y reducir al mínimo los riesgos y los costos relacionados y asegurar positivo así como mejorar el capital natural y social en un ciclo de vida de los activos. Una buena gobernanza y el despliegue inteligente de los sistemas de negocio, procesos y los recursos humanos son aspectos clave de este esfuerzo<sup>12</sup>.

*A framework for the strategic management of long - term assets (SMoLTA)*, es un algoritmo que provee de un marco sumariado de los componentes de la administración de los activos y como éstos se relacionan entre ellos. Se encuentra construido de datos empíricos, comprende niveles interconectados pero bien definidos. El algoritmo se define en dos secciones<sup>13</sup>.

El conocimiento de estos modelos de administración de la infraestructura es esencial para el desarrollo de esta investigación, ya que la identificación sus componentes y mejores prácticas, sentarán las bases para la elaboración de la propuesta de mejora de la administración de la infraestructura en la ciudad de Mérida.

## LOS PRINCIPALES ACTORES EN LA ADMINISTRACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

La infraestructura de una ciudad se puede percibir como un ente que se encuentra en un estado dinámico de cambio y de adaptación, los cuales dependen de su entorno físico y en mayor medida al uso que se le dé a ésta.

Para lograr estos cambios, adaptaciones y el desempeño adecuado de sus funciones, la infraestructura requiere de una serie de actores que jueguen diversos roles a través de su ciclo de vida, estos actores son: la comunidad, las autoridades, los contratistas e incluso la industria de la construcción.

El PMI<sup>14</sup> (2004) describe a estos actores – involucrados en un proceso- como individuos y organizaciones que de manera activa intervienen en un proyecto, o cuyos intereses pueden ser afectados como consecuencia de su ejecución o terminación<sup>15</sup>.

Para lograr la cooperación de los diversos actores que intervienen en la administración de la infraestructura, es necesario tener una perspectiva orientada al interés público, como menciona Gómez (2010) las decisiones no deben estar dirigidas a beneficiar (afectar) a un individuo en particular, sino que buscan maximizar el bien común.

En su estudio, Adnan et al (2012) hace referencia a la participación de la autoridad en la creación de una cultura de mantenimiento en la comunidad, identificando a la participación de la autoridad, no como una función periférica sino como una parte integral de cualquier proyecto.

En este estudio también se menciona que la industria de la construcción necesita un enfoque holís-

12 Australian Asset Management Collaborative Group. (2012). Guide to integrated Strategic Asset Management. Australia.

13 David Tranfield, David Denyer Mike Burr, (2004), A framework for the strategic management of long - term assets (SMoLTA), Management Decision, Vol. 42 Iss 2 pp. 277 – 291

14 (PMI) Project Management Institute.

15 Bolles et al (2004), A guide to the Project Management Body of Knowledge, Tercera edición. Project Management Institute, USA.

tico, considerando las diferentes etapas de la construcción desde el diseño y la planeación, el proceso constructivo y la etapa de post construcción.

## NECESIDAD DE CAMBIO EN LA ADMINISTRACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

Sánchez y Rozas (2004) señalan que los principales problemas de la infraestructura incluyen aspectos tan diversos como los institucionales, regulatorios y las políticas de prestación de servicios. En este sentido, el aspecto más relevante del desarrollo de la infraestructura es su aporte a la articulación de la estructura económica de un país<sup>16</sup>.

Por su parte según el Banco Mundial (2005), los sectores relacionados con la infraestructura en México se encuentran en transición, ya que ahora se reconoce la necesidad de una provisión más eficiente de servicios de infraestructura con el fin de generar crecimiento económico, mejorar la competitividad internacional y reducir la pobreza.

Por lo anterior se requiere la mejoría de la eficiencia en la asignación de la inversión y la generación de recursos adicionales a través de marcos institucionales más efectivos, la prestación eficiente de servicios de infraestructura y una adecuada política de precios<sup>17</sup>.

Alberta Urban Municipalities Association (2014), señala que la administración de los activos debe ser considerada en los municipios ya que trae consigo los siguientes beneficios:

- Prolongación de la vida útil de los activos y el apoyo en la toma de decisiones informadas, considerando la rehabilitación, reparación y el reemplazo.
- Satisfacer las demandas de los consumidores con un enfoque en la sostenibilidad del sistema.
- El establecimiento de las tarifas de los activos basado en la planificación operativa y financiera.
- El enfoque del presupuesto hacia las actividades críticas para el mantenimiento del desempeño.
- Satisfacer las expectativas de servicio y los requisitos reglamentarios.
- La mejora de la respuesta a las emergencias.
- La mejora de la seguridad de los activos<sup>18</sup>.

La CMIC (2011) señala que la deficiente planeación del desarrollo de la infraestructura deja a México rezagado en materia de competitividad, lo que se traduce en un bajo crecimiento.

---

16 Sánchez R. y Rozas P. (2004). Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual, Publicación de las Naciones Unidas, Santiago, Chile.

17 World Bank. (2005). Mexico - Infrastructure public expenditure review (IPER). Public expenditure review (PER). Washington, DC: World Bank. Disponible en <http://documents.worldbank.org/curated/en/2005/10/6433350/mexico-infrastructure-public-expenditure-review-iper> . Recuperado el 14 de marzo de 2014.

18 Alberta Urban Municipalities Association (2014) Guide for Municipal Asset Management Plans. Alberta, Canadá. Disponible en [http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide\\_for\\_Municipal\\_Asset\\_Management\\_Plans](http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide_for_Municipal_Asset_Management_Plans) . Recuperado el 26 de marzo de 2014

## LA INFRAESTRUCTURA Y SU ADMINISTRACIÓN EN MÉXICO

Según la CMIC (2012) México presenta serios rezagos en materia de infraestructura. Un indicador útil para cuantificar este rezago es el índice de competitividad de la infraestructura del Foro Económico Mundial, el cual ubica a México en el lugar 68 de 144 países en su edición 2012-2013<sup>19</sup>. Cabe señalar que la edición anterior México se encontraba en el lugar 66, retrocediendo dos posiciones en un año. La CMIC (2012) en su agenda general, reconoce que uno de los obstáculos para abatir el rezago es la falta de aumento de la inversión, así como planificar de una manera más eficiente la misma<sup>20</sup>.

## METODOLOGÍA

El presente trabajo tendrá un enfoque cualitativo y el diseño que se seguirá para su realización será el de “Investigación-Acción”, ya que la finalidad de este tipo de investigación es resolver problemas cotidianos e inmediatos y mejorar prácticas concretas. Su propósito fundamental se centra en aportar información que guíe la toma de decisiones para programas, procesos y reformas estructurales<sup>21</sup>.

Debido a que esta investigación se centra en el desarrollo de una propuesta para mejorar la administración de la infraestructura de la Ciudad de Mérida Yucatán la cual presenta un problema cotidiano e inmediato y se busca mejorar concretamente su práctica, se escoge el tipo de Investigación-Acción definida, ya que con esta metodología se podrán alcanzar los objetivos de este trabajo

Álvarez-Gayou (2012) esquematiza este proceso de investigación-acción como se muestra en las Figura 3, como un proceso cíclico e iterativo, ya que la mejora se realiza a través de la implementación de los planes y su continua evaluación.

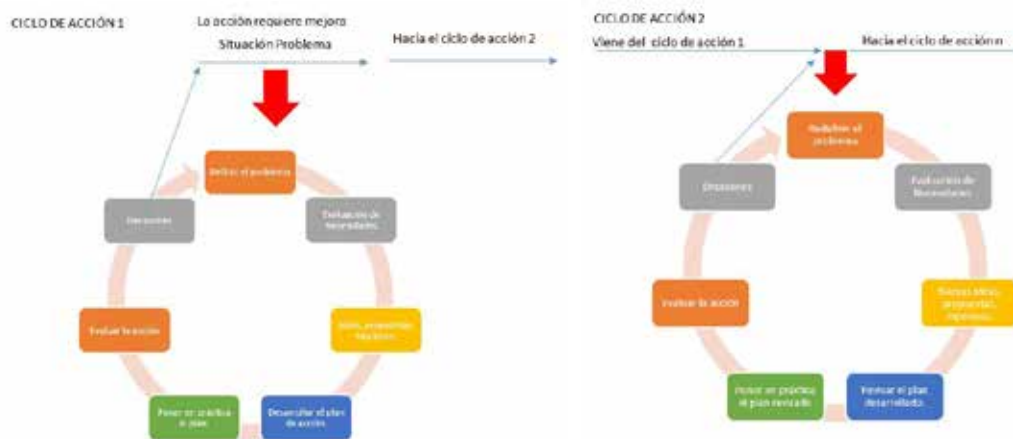


Figura 3. Proceso temporal de la investigación-acción. Fuente: Gerencia de Fuente: McKernan,2001. Cita-do por Álvarez-Gayou (2012). Cómo hacer investigación cualitativa.

19 Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) (2012). Competitividad en Infraestructura. Gerencia de Economía y Financiamiento. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. México.

20 Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) (2012). Infraestructura, el proyecto que México necesita. Agenda General. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. México.

21 Salgado Levano, Ana Cecilia. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. liber., Lima, v. 13, n. 13, 2007. Disponible en <[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S172948272007000100009&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172948272007000100009&lng=es&nrm=iso)>. accedido en 04 abr. 2014.

El alcance de la presente investigación se centrará en el ciclo de acción 1, cubriendo las etapas de definición del problema, evaluación de necesidades, desarrollo de ideas y propuestas, así como el poner en práctica el plan resultado de las ideas y las propuestas; sin embargo la aplicación en el caso particular de este estudio se limitará a un sentido conceptual, sentando las bases para la aplicación práctica futura de la propuesta desarrollada, la cual ya no se encuentra dentro de los objetivos del presente.

Según Stringer (1999) las tres fases esenciales de los diseños de investigación-acción son: observar (construir un bosquejo del problema y recolectar datos), pensar (analizar e interpretar) y actuar (resolver problemas e implementar mejoras), las cuales se dan de una manera cíclica, una y otra vez, hasta que el problema es resuelto, el cambio se logra o la mejora se introduce satisfactoriamente<sup>22</sup>. En este trabajo se aborda únicamente el primer ciclo.

La investigación se divide en tres etapas de desarrollo. La primera etapa se tratará sobre la obtención de la información, esto a través de la determinación de la muestra correspondiente al estudio. De igual manera en esta etapa se hará la definición de los principales instrumentos que serán utilizados como entrevistas y cuestionarios estructurados, así como a través de la revisión de documentación oficial y el estudio de la literatura correspondiente. De igual manera en esta etapa se procederá al análisis y evaluación de la información obtenida, necesaria para la realización de la propuesta, tomando en cuenta las mejores prácticas encontradas en la literatura.

En la segunda etapa se dedicará al desarrollo de la propuesta de mejora de la administración de la infraestructura.

Por su parte en la tercera etapa se determinará y obtendrá la información necesaria para la aplicación conceptual de la propuesta a los casos de estudio de calles, banquetas, parques y jardines del Centro Histórico de la Ciudad de Mérida Yucatán. En esta etapa se incluye la evaluación, la cual se logrará a través de la opinión de los funcionarios públicos que podrán determinar el valor, así como la potencial contribución y la factibilidad de la propuesta.

## **OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

### **LA MUESTRA**

Debido a la naturaleza cualitativa de esta investigación el tipo de muestra que se manejará será de tipo dirigida, con el fin de obtener la información necesaria de las personas adecuadas, para que sea precisa para los propósitos de este estudio y con el mayor nivel de detalle posible.

La determinación de las muestras iniciales se hará antes de la recolección de los datos, ya que en esta investigación, éstas proporcionarán la información necesaria para el desarrollo de la propuesta objeto del estudio. Los tipos de muestras que se utilizarán serán las siguientes:

- Muestras diversas o de máxima variación (Muestras de sujetos de estudio, que estarán representados por funcionarios).- Este tipo de muestra es utilizada cuando se busca mostrar distintas

22 Stringer (1999) Citado por Hernández Sampieri R. et al (2010). Metodología de la Investigación, Quinta edición, McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., México, D.F.



perspectivas y representar la complejidad del fenómeno estudiado, o bien, documentar diversidad para localizar diferencias y coincidencias, patrones y particularidades<sup>23</sup>.

Las diversas perspectivas serán recolectadas teniendo como muestra las diferentes instancias gubernamentales con injerencia en la administración de la infraestructura ciudad de Mérida, estas se escogerán por los siguientes parámetros: jurisdicción de la instancia gubernamental, las cuales se elegirán tomando en cuenta aquellas que se encuentren bajo competencias estatales y municipales.

De igual manera se tomará en cuenta el tipo de obra que realizan, ya que se contemplarán aquellas que se encuentren orientadas a la construcción y/o mantenimiento de la infraestructura de la ciudad de Mérida.

- Muestra teórico o conceptuales (Modelos de administración de la infraestructura). - Este tipo de muestras son aquellas que permiten desarrollar la teoría, por lo que se estudiarán y analizarán aquellas ciudades en donde se hayan desarrollado con éxito alguno de los modelos correspondientes a la administración de la infraestructura.

- Muestras de casos sumamente importantes (Estudio de caso Alberta Canadá). - En esta muestra se incluirá el estudio y análisis de uno de los casos más reconocidos de la aplicación del modelo de administración de la infraestructura en Norte América.

## **DISEÑO Y APLICACIÓN DE INSTRUMENTO A LAS MUESTRAS DIVERSAS O DE MÁXIMA VARIACIÓN PARA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

Para la obtención de la información de la muestra a base de sujetos, se diseñará un cuestionario el cual será aplicado de manera directa mediante entrevistas estructuradas.

La entrevista será de tipo estructurada ya que se realizará a partir de un esquema o formato de cuestiones previamente elaboradas, las cuales se plantean en el mismo orden y en los mismos términos a todas las personas entrevistadas<sup>24</sup>.

Cabe señalar que el cuestionario, anterior a su aplicación a las muestras específicas, se aplicará de manera piloto a un grupo de profesionistas afines al tema con la finalidad de que surjan observaciones sobre el instrumento.

## **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS MUESTRAS TEÓRICO/CONCEPTUAL IDENTIFICADAS (MODELOS DE ADMINISTRACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA)**

Se hará un análisis de los modelos de administración de la infraestructura identificados para reconocer y contrastar los elementos que componen a los mismos, tomando los puntos coincidentes entre

23 Hernández Sampieri R. et al (2010). Metodología de la Investigación, Quinta edición, McGraw-Hill/ Interamericana Editores, S.A. de C.V., México, D.F.

24 Bernal Torres C. (2006). Metodología de la investigación, segunda edición, Pearson Educación, S.A. de C.V., México.

ellos, lo cual se hará por medio de una matriz. En este análisis se detectarán las mejores prácticas de cada uno de los modelos.

### **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS MEJORES PRÁCTICAS Y LAS PRÁCTICAS ACTUALES DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA**

En esta etapa se realiza el análisis comparativo entre las mejores prácticas obtenidas del análisis de los modelos, y las prácticas actuales de la administración de la infraestructura, dicha información son obtenidas de la muestra.

Para el análisis del contenido, se transcribirán las entrevistas en Word, las cuales se importarán al programa Nvivo8 para su análisis. El Nvivo 8 es una herramienta computacional para la investigación cualitativa, la cual servirá de apoyo para administrar la información recabada de las entrevistas y organizándola. Esta herramienta servirá para categorizar la información, clasificar, formar grupos, extraer estadísticas simples, entre otras funciones.

### **ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA PARA MEJORAR LA ADMINISTRACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN**

Una vez obtenida la información, se procede a definir de manera precisa la propuesta para mejorar la administración de la infraestructura, respondiendo de manera pertinente a las necesidades que fueron detectadas a través de la etapa de recolección de datos.

### **VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN AL CASO DE BANQUETAS, CALLES, PARQUES Y JARDINES.**

### **DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA.**

Una vez elaborada la propuesta y con base al análisis de la información obtenida se determina la información necesaria para la correcta aplicación de la metodología para la administración de la infraestructura en los casos de las calles, banquetas, parques y jardines del Centro Histórico de la Ciudad de Mérida.

Posteriormente una vez identificada la información necesaria se procede a su obtención por medio de trabajo en campo (levantamientos físicos, elaboración de planos), así como de trabajo de gabinete (revisión de documentación oficial del estado, así como del municipio).

### **APLICACIÓN CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA A LOS CASOS DE ESTUDIO DE CALLES, BANQUETAS, PARQUES Y JARDINES DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN.**

Una vez ya determinada y obtenida la información necesaria, se plantea la aplicación conceptual de la propuesta a los casos de estudio de calles, banquetas, parques y jardines del centro histórico de la Ciudad de Mérida; con esto se pretende sentar las bases metodológicas para una futura aplicación práctica, la cual queda fuera del alcance de los objetivos de esta investigación.

La aplicación de esta propuesta se centrará en el Sector 01 del Centro Histórico, el cual abarca de la calle 47 a la calle 73 de norte a sur, así como de la calle 50 a la 70 de oriente a poniente<sup>25</sup>. Tal como se muestra en Figura 4.

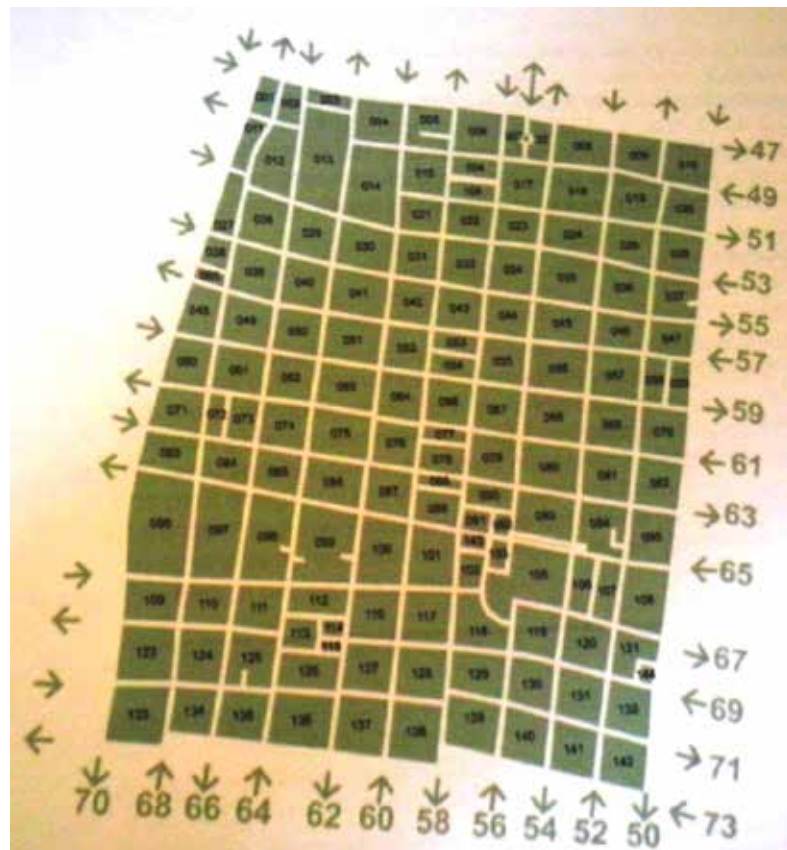


Figura 4. Sector 01 del Centro Histórico de la Ciudad de Mérida. Fuente: Och Chí Juan de la Cruz et al (2012), Puesta en valor del Centro Histórico de Mérida Yucatán: Caso primer cuadro.

## VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Para poder lograr la validación se pedirá a los funcionarios correspondientes que evalúen el modelo, lo cual se logrará a través de la recolección de la opinión de los mismos, a los que se les presentará el modelo de administración resultante, con la finalidad de que puedan determinar el valor, así como la potencial contribución y la factibilidad; esta evaluación se realizará por medio de una entrevista

25 Och Chí Juan de la Cruz et al (2012), Puesta en valor del Centro Histórico de Mérida Yucatán: Caso primer cuadro, Gobierno del Estado de Yucatán. Mérida, Yucatán.

estructurada por parte del investigador, con lo que se buscará determinar la viabilidad del uso y aplicación de la propuesta.

## AVANCES

Actualmente la investigación se encuentra en la primera etapa, que se refiere a la obtención de la información, para lo cual ya se ha identificado la muestra correspondiente al estudio. De igual manera en esta etapa se ha seguido con el estudio de la literatura correspondiente en donde se han identificado los modelos administrativos de la infraestructura, así como la generación de la matriz comparativa que llevará a la determinación de las prácticas usuales y las mejores prácticas de cada uno de ellos. Por otra parte se elaboran los instrumentos para la obtención de la información.

## CONCLUSIONES

La infraestructura actualmente se percibe a nivel mundial como uno de los activos fijos más importantes de las ciudades, por lo que su administración ha sido una práctica que se ha ido propagando con éxito en los países desarrollados, mientras que en los países en vías de desarrollo recientemente se está haciendo latente tal necesidad.

Se reconocen a la falta de inversión como el principal problema que enfrenta la administración de la infraestructura. Para poder llevar al cabo una administración eficiente y eficaz, es necesario el involucramiento de los diversos actores en cada etapa del proceso administrativo, estos actores son: la comunidad, las autoridades, los contratistas e incluso la industria de la construcción.

La necesidad de un cambio en las prácticas actuales de administración de la infraestructura se hace necesaria para una provisión más eficiente de servicios con el fin de generar crecimiento económico, mejorar la competitividad internacional y reducir la pobreza en el país, reconocida de esta manera a la infraestructura como uno de los motores económicos más importantes de los países.

En el ámbito local, la administración que se realiza es de tipo reactiva más que proactiva, debido a que por la naturaleza de los planes de la administración de la infraestructura, representan esfuerzos conjuntos a largo plazo, y tanto las autoridades municipales como las estatales, no plantean acciones más allá de sus gestiones, lo que acarrea graves problemas en el tema.

La realización de este trabajo aportará una herramienta metodológica que podrán usar tanto en el Gobierno Estatal y Municipal para una administración eficiente y eficaz de sus recursos, por medio de una administración del ciclo de vida de cada uno de sus activos.

## BIBLIOGRAFÍA

*Tobias Dechant & Konrad Finkenzeller, How much into infrastructure? Evidence from dynamic asset allocation, Journal of Property Research, 30:2, 103-127, DOI: 10.1080/09599916.2012.731075, 2013.*

*Gobierno de la República Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND). Disponible en: <http://pnd.gob.mx/> Recuperado el 12 de enero de 2014, 2013.*

*Obras Públicas. Disponible en <http://www.obraspublicas.yucatan.gob.mx/boletines/verarticulo.php?id=214> Recuperado el 14 de enero de 2014.*

*Acosta Ibarra, Seidy, Entrevista con la autora con fines diagnósticos de la situación de la administración de la infraestructura a nivel local, llevada al cabo el día 23 de septiembre de 2013. Subdirección de Proyectos. Dirección de Obras Públicas, Ayuntamiento de Mérida, 2013.*

*Ayuntamiento de Mérida Plan Municipal de Desarrollo de Yucatán 2012-2015. (PMD) Disponible en: <http://www.merida.gob.mx/yosirespeto/portal/gobierno/contenido/planmunicipaldesarrollo.html> Recuperado el 12 de enero de 2014, 2012.*

*Suárez C., Administración de Empresas Constructoras, LIMUSA, México, D.F., 2000.*

*Banco Interamericano de Desarrollo citado por Sánchez R. y Rozas P. (2004). Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual, Publicación de las Naciones Unidas, Santiago, Chile, 2010.*

*Alberta Urban Municipalities Association, Guide for Municipal Asset Management Plans. Alberta, Canadá. Disponible en [http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide\\_for\\_Municipal\\_Asset\\_Management\\_Plans](http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide_for_Municipal_Asset_Management_Plans) . Recuperado el 26 de marzo de 2014, 2014.*

*El Banco Mundial, Índice de Gini, El Banco Mundial. Disponible en <http://datos.bancomundial.org/indicador/SI.POV.GINI>. Recuperado el 13 de marzo de 2014, 2014.*

*Asset Management BC, Guide for using the Asset Management BC Roadmap, Opus International Consultants. Canadá, 2011.*

*Alberta Urban Municipalities Association, Guide for Municipal Asset Management Plans. Alberta, Canadá. Disponible en [www.auma.ca\\_live\\_digitalAssets\\_75\\_75639\\_State\\_of\\_Local\\_Infrastructure\\_and\\_Assets](http://www.auma.ca/live/digitalAssets_75_75639_State_of_Local_Infrastructure_and_Assets) . Recuperado el 26 de marzo de 2014, 2014.*

*Australian Asset Management Collaborative Group, Guide to integrated Strategic Asset Management. Australia, 2012.*

*David Tranfield, David Denyer Mike Burr, A framework for the strategic management of long - term assets (SMoLTA), Management Decision, Vol. 42 Iss 2 pp. 277 – 291, 2004.*

*(PMI) Project Management Institute.*

*Bolles et al, A guide to the Project Management Body of Knowledge, Tercera edición. Project Management Institute, USA, 2004.*

*Sánchez R. y Rozas P., Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual, Publicación de las Naciones Unidas, Santiago, Chile, 2004.*

*World Bank, México - Infrastructure public expenditure review (IPER). Public expenditure review (PER). Washington, DC: World Bank. Disponible en <http://documents.worldbank.org/curated/en/2005/10/64333350/mexico-infrastructure-public-expenditure-review-iper>. Recuperado el 14 de marzo de 2014, 2005.*

*Alberta Urban Municipalities Association, Guide for Municipal Asset Management Plans. Alberta, Canadá. Disponible en [http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide\\_for\\_Municipal\\_Asset\\_Management\\_Plans](http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide_for_Municipal_Asset_Management_Plans). Recuperado el 26 de marzo de 2014, 2014.*

*Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), Competitividad en Infraestructura. Gerencia de Economía y Financiamiento. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. México, 2012.*

*Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), Infraestructura, el proyecto que México necesita. Agenda General. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. México, 2012.*

*Salgado Levano, Ana Cecilia. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. liber., Lima, v. 13, n. 13. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S172948272007000100009&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172948272007000100009&lng=es&nrm=iso). accedido en 04 abr. 2014, 2007.*

*Stringer, Citado por Hernández Sampieri R. et al (2010). Metodología de la Investigación, Quinta edición, McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., México, D.F., 1999.*

*Hernández Sampieri R. et al, Metodología de la Investigación, Quinta edición, McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., México, D.F., 2010.*

*Bernal Torres C., Metodología de la investigación, segunda edición, Pearson Educación, S.A. de C.V., México, 2006.*

*Och Chí Juan de la Cruz et al, Puesta en valor del Centro Histórico de Mérida Yucatán: Caso primer cuadro, Gobierno del Estado de Yucatán. Mérida, Yucatán, 2012.*

**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Determinación del impacto del  
ausentismo de la mano de obra  
sobre el tiempo de ejecución de  
las actividades de construcción de  
vivienda**

**Ing. Carlos Arturo Osorio Sandoval  
Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN**





# Determinación del impacto del ausentismo de la mano de obra sobre el tiempo de ejecución de las actividades de construcción de vivienda

**Ing. Carlos Arturo Osorio Sandoval**

carturoosorio@gmail.com

**Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé**

zgrife@uady.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

## ABSTRACT

Absenteeism of labour in construction has been identified as one of the main factors delaying construction projects worldwide, including the Yucatan Peninsula. However, its impact on the duration of construction activities has not been studied in the local context.

Studying this impact would help project managers to consider this variable in order to reduce uncertainty while planning, as well as to assess measures to reduce absenteeism with the purpose of delivering their work in time.

The objective of the presented work is to determine the impact of absenteeism of labour on the duration of construction activities in housing projects. To achieve this, a simulation analysis will be conducted using the following methodology:

- Productivity and absenteeism data will be collected by observing the activities of mass housing construction.
- A simulation model will be performed to estimate the duration of the activities observed based on their productivity.
- A sensitivity analysis will be performed, with a manipulation level of presence-absence for the absenteeism variable.

## KEYWORDS

Absenteeism, productivity, simulation model.

## RESUMEN

El ausentismo de la mano de obra en la construcción se ha identificado como uno de los principales factores que retrasan los proyectos de construcción en todo el mundo, incluyendo la Península de Yucatán. Sin embargo, su impacto sobre el tiempo de ejecución de las actividades de construcción no ha sido estudiado en el contexto local.

Estudiar dicho impacto ayudaría a los administradores de proyectos a tomar esta variable en cuenta para disminuir la incertidumbre al planificar y a evaluar medidas que disminuyan el ausentismo con el objetivo de entregar sus obras en tiempo.

El objetivo del trabajo que se presenta es determinar el impacto del ausentismo de la mano de obra sobre el tiempo de ejecución de las actividades de construcción de vivienda. Para conseguirlo, se llevará a cabo un análisis de simulación siguiendo la siguiente metodología:

- Se recolectarán datos de productividad y ausentismo mediante la observación de las actividades de construcción de vivienda masiva.
- Se realizará un modelo de simulación para estimar los tiempos de ejecución de las actividades observadas con base en su productividad.
- Se realizará un análisis de sensibilidad con un nivel de manipulación presencia-ausencia de la variable ausentismo.

## PALABRAS CLAVE

Ausentismo, productividad, modelo de simulación

## INTRODUCCIÓN

Las demoras en la ejecución de los proyectos han sido siempre un tema de preocupación de los investigadores (Eizakshiri, et al., 2011) debido a que éstas provocan pérdidas tanto a los inversionistas como a los constructores y, además, suelen provocar disputas legales entre ellos (Solís Carcaño, et al., 2009). En la construcción existen muchas variables y factores impredecibles que provienen de múltiples fuentes y causan retrasos (Assaf & Al-Hejji, 2006; Muñoz & Muñoz, 2010).

En diferentes investigaciones llevadas a cabo por la facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán se ha identificado al ausentismo como uno de los principales factores que retrasan los proyectos de construcción (Martínez Delgadillo, 2006; García Ibarra, 2011), su efecto sobre la productividad (Arcudia Abad, et al., 2003) y los factores individuales y grupales que lo producen (Padilla Espadas, 2003).

El impacto del ausentismo de la mano de obra sobre el tiempo total de ejecución de los proyectos de construcción no ha sido estudiado en el contexto local y hacerlo ayudaría a los administradores de proyectos a tomar esta variable en cuenta para disminuir la incertidumbre al planificar y a implementar medidas que traten de disminuir el ausentismo con el objetivo de entregar sus obras en tiempo.

La dificultad de estudiar esta variable de manera aislada en un proyecto de construcción se puede sortear mediante la experimentación en laboratorio, utilizando para ello las técnicas de simulación de proyectos de construcción, que es además un enfoque que no se ha abordado en el contexto local.

## OBJETIVO GENERAL

Determinar el impacto del ausentismo de la mano de obra sobre el tiempo de ejecución de las actividades de construcción de vivienda.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener la distribución de las duraciones de las ausencias de los trabajadores en la ejecución de las actividades de construcción de vivienda.
- Realizar un análisis de simulación que permita la estimación del impacto del ausentismo de la mano de obra sobre el tiempo de ejecución de las actividades de construcción de vivienda.

## DESARROLLO

### DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL AUSENTISMO

No existe una definición ni una clasificación homogénea para el ausentismo entre los diferentes investigadores que la han abordado. A continuación se presentan algunas de las definiciones y

clasificaciones encontradas en la literatura existente.

Fayek et al. (2011) definen al ausentismo en la construcción como la ausencia del trabajador en actividades programadas por un periodo igual o mayor a dos horas consecutivas. El periodo de dos horas fue seleccionado debido a que los expertos a los que consultaron al realizar su estudio opinaron que perder dos horas o más es casi igual de perjudicial para el flujo de trabajo y la productividad de las cuadrillas que faltar un día entero al trabajo. Sin embargo, recomiendan considerar plazos diferentes de acuerdo a las condiciones del trabajo.

Pino (2002) define al ausentismo como la inasistencia de un obrero a su sitio de trabajo durante una o más jornadas de trabajo, siempre y cuando éste regrese posteriormente al mismo dentro de un periodo de tiempo máximo de una semana.

Padilla (2003) cita a Chiavenato, quien define al ausentismo como el término empleado para referirse a las faltas o inasistencias de los empleados al trabajo. En sentido más amplio, el ausentismo es la suma de los períodos en que, por cualquier motivo, los empleados se ausentan o no asisten al trabajo.

Hinze et al. (1985) identifican dos tipos de ausentismo: el voluntario y el involuntario. El ausentismo voluntario ocurre cuando el trabajador tiene control sobre la ausencia, es decir, cuando tiene la capacidad de trabajar pero por alguna razón decide no acudir al trabajo. Por otro lado, en el ausentismo involuntario el trabajador tiene poco o ningún control sobre la ausencia, la cual ocurre por una causa justificada por ejemplo por enfermedad o lesiones. Esta clasificación fue utilizada por Hanna et al. (2005) en el contexto internacional y por Pino (2002) y Padilla (2003) en el contexto local.

En los estudios conducidos en la Península de Yucatán, Pino (2002) y Martínez Delgadillo (2006) contabilizaron el ausentismo sin tomar en cuenta si se trataba del tipo voluntario o involuntario. Padilla (2003) contabilizó el ausentismo voluntario y el involuntario y pudo apreciar la predominancia del primero.

## MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL AUSENTISMO

Hanna et al. (2005) utilizaron un cuestionario cuantitativo en el cual los contratistas reportaron el ausentismo como porcentaje del número de trabajadores ausentes en un proyecto respecto del número de empleados.

Pino (2002) registró en una cédula de asistencia la hora de entrada y salida de cada uno de los elementos que conformaban las brigadas observadas en su estudio. Dicha cédula tenía la finalidad de registrar los días en que los elementos de la brigada faltaron a su trabajo y calcular el índice de ausentismo de la brigada para cada jornada de trabajo.

Al mismo tiempo, registró en otra cédula las diferentes actividades realizadas durante la jornada, así como las cuadrillas que se formaron para desarrollar cada una de éstas. Entre otros datos, el índice de ausentismo de la actividad en la jornada era calculado con ayuda de esta cédula.

Pino (2002) estableció una serie de criterios de recomendación para diferenciar las incidencias de

ausentismo y rotación. Explica que de la lista de asistencia diaria, fueron consideradas como ausentismo las faltas de los elementos de las cuadrillas siempre y cuando hubieran regresado a laborar antes de concluir la semana en curso. Se consideró de esta manera pensando que al no regresar el trabajador a lo largo de la misma semana, éste pudo haberse dedicado a otras actividades en otro sitio, lo cual, para el estudio de Pino (2002), era tomado en cuenta como rotación.

Padilla (2003) desarrolló un instrumento de medición para determinar el índice de ausentismo voluntario en la construcción de viviendas de interés social. Dicho instrumento recolectaba la siguiente información: nombre del trabajador, tipo de cuadrilla y número de integrantes, actividades realizadas durante el día, horario de actividades, tiempo ausente, imprevistos generados durante el día y observaciones. Se creó además otra cédula en la cual se resumía específicamente la asistencia de los trabajadores durante una semana.

El registro de la información de campo se llevó a cabo diariamente durante toda la jornada laboral utilizando la cédula correspondiente al registro de actividades. Al finalizar cada día se realizaba una recopilación de todas las cédulas llenadas durante el mismo. Finalmente, cada semana se sintetizaba toda la información relacionada con el ausentismo en la cédula semana correspondiente.

## DEFINICIÓN Y UNIDAD DE MEDIDA DE PRODUCTIVIDAD

La productividad es la relación entre lo producido y lo consumido o recursos utilizados. Es posible hablar de productividad de los materiales, de los equipos, del terreno o espacio y de la mano de obra. En la construcción, siendo todas importantes, no cabe duda que la más impredecible es la última (Serpell B., 1986). Esto se debe a que la productividad de la mano de obra es normalmente el recurso que fija el ritmo de trabajo de la construcción, del cual depende la productividad de otros recursos (Botero Botero & Álvarez Villa, 2004).

Se define a la productividad como la cantidad de bienes o servicios que la mano de obra produce en un tiempo dado. Es uno de los aspectos más importantes de la construcción ya que afecta al desempeño de cualquier proyecto en cuanto a tiempo y costo (Mahamid, 2013).

Según Sonmez y Rowings (1998), la productividad puede ser medida de diferentes formas dependiendo del uso que se le dará a los datos. La razón entre las unidades terminadas y las horas-hombre trabajadas (tasa de producción) o la razón entre las horas-hombre trabajadas y las unidades terminadas (inverso de la tasa de producción) se utilizan comúnmente para medir la productividad en la industria de la construcción.

Por ejemplo, Pino (2002) y Arcudia et al. (2003) definen a la productividad como la relación entre el volumen ejecutado del trabajo realizado en una determinada actividad y la cantidad de horas-hombre invertidas durante la jornada para la ejecución de la misma. Con base a esta definición, en su estudio utilizó la siguiente fórmula para calcularla:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Volumen de la actividad ejecutada durante la jornada}}{\text{Cantidad de horas hombre invertidas para su ejecución}}$$

## RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD

Es necesario definir las unidades en las que se va a medir el trabajo ejecutado para la actividad que se esté estudiando. Es necesario también que la unidad de producción pueda ser medida fácilmente (Halpin & Riggs, 1992). Además, se debe establecer el periodo de tiempo que será considerado, que puede ser horas, días o cualquier otro según las características de la actividad (Halpin, 2006).

El procedimiento para recolectar los datos consiste fundamentalmente en el seguimiento del trabajo realizado por una cuadrilla, misma que constituye la unidad básica de observación de la productividad de la mano de obra. Las cantidades de obra realizadas en el día dan lugar a una base de datos numérica (Baeza Pereyra, et al., 2003).

Pino (2002) y Arcudia et al. (2003) registraron en una cédula las diferentes actividades realizadas durante una jornada de observación, así como las cuadrillas que se formaron para desarrollar cada una de éstas. Ésta cédula fue utilizada para medir el índice de ausentismo de la actividad en la jornada y la productividad de la cuadrilla para dicha actividad al mismo tiempo.

## RELACIÓN DEL AUSENTISMO Y LA PRODUCTIVIDAD

Mediante una revisión de literatura, Mahamid (2013) identificó 31 factores que podrían afectar la productividad de la mano de obra en la construcción. Entre ellos se encontraba el ausentismo. Posteriormente elaboró un cuestionario para evaluar la importancia de los factores identificados desde la perspectiva de los contratistas.

Hanna et al. (2005) desarrollaron un análisis de regresión por mínimos cuadrados y concluyeron que cuando el ausentismo se encuentra entre el 0% y 5%, no hay pérdida de productividad, sin embargo, cuando el ausentismo se encuentra entre 6% y 20%, se experimenta una pérdida de productividad.

Con el objeto de averiguar si existía alguna asociación entre el ausentismo y la productividad, Pino (2002) realizó un análisis de correlación bi-variada en dos niveles: brigada y cuadrilla, para cada una de las actividades de los dos proyectos involucrados en su investigación. Para ello empleó el índice de correlación de Kendall. De tal análisis, Pino (2002) observó que, aunque no se presentaron con mucha frecuencia, las ausencias a nivel brigada parecen impactar negativamente en la productividad. Asimismo, el ausentismo a nivel cuadrilla se presentó con mayor frecuencia y se presentó un impacto negativo en la productividad. Por lo anterior, Pino (2002) concluye que cuando se presenta el ausentismo, en cualquiera de los dos niveles que analizó, deteriora en cierto grado la productividad de los trabajadores.

## SIMULACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

La simulación de la construcción es la ciencia de desarrollar y experimentar con representaciones computacionales de sistemas constructivos para entender su comportamiento (AbouRizk, 2010). Ésta logra una imitación de los procesos constructivos permitiendo analizar diferentes escenarios respecto a cantidad, tipo de recursos e interacción entre los mismos, lo cual puede ayudar al reto

de aumentar la productividad con el fin de balancear las variables tiempo y costo (Gómez Cabrera, 2010).

En un proyecto real, las actividades usualmente están sujetas a incertidumbre debido a diferentes factores, por ejemplo, las actividades pueden durar más o menos tiempo que el estimado originalmente, los recursos podrían no estar disponibles, el material podría llegar después de lo programado, las condiciones del clima podrían causar severos retrasos, los obreros podrían estar ausentes, etc. La duración de las actividades no se conoce por adelantado y usualmente se representa como una variable aleatoria, que puede ser modelada con datos históricos o distribuciones de probabilidad (Li, et al., 2012).

Los modelos de simulación generalmente ofrecen oportunidades para modelar fenómenos probabilísticos que se encuentran frecuentemente en la construcción. La duración de las actividades, la derivación aleatoria de los recursos, las fallas en los equipos, los procesos de entrega de materiales o planos y especificaciones, las incidencias del clima, la disponibilidad de cuadrillas y la calidad del trabajo completado son solo algunos de los procesos que se pueden modelar probabilísticamente (AbouRizk, 2010).

De acuerdo con el Project Management Institute (2004), la simulación utiliza un modelo que traduce las incertidumbres especificadas a un nivel detallado del proyecto a su impacto potencial en los objetivos del mismo. En una simulación, el modelo del proyecto se calcula muchas veces (iterado), con los valores de entrada, (por ejemplo, la productividad de cada actividad) asignados al azar a partir de una función de distribución de probabilidad elegida para cada iteración de acuerdo con las distribuciones de probabilidad de cada variable. Al final, se calcula una distribución de probabilidad (por ejemplo, la fecha de finalización del proyecto).

La comprensión de este tipo de modelos es de gran ayuda para llegar a una aproximación de un problema dado. Por esta razón, el estudio de estos modelos se justifica y ayuda al administrador a dimensionar situaciones dadas y hacerse una idea de los aspectos relevantes de los problemas existentes o potenciales (Halpin & Riggs, 1992).

Entre otros beneficios de la simulación, figuran la identificación de elementos críticos de un sistema, por ejemplo, los puntos débiles del mismo; la prueba de hipótesis, que puede ser usada para examinar los efectos de cambios en el sistema que serían caros de implementar en el sistema real; el entrenamiento y la educación; la definición de sistemas formales, que puede traer muchos beneficios, ya que hace explícitos elementos que podrían no haber sido comprendidos antes del modelado; el análisis de sistemas complejos; entre otros (Long, 2010).

## **SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA VS SIMULACIÓN DETERMINISTA**

En términos simples, una simulación estocástica utiliza elementos aleatorios y puede producir un resultado diferente cada vez que se hace una corrida mientras que una simulación determinista producirá el mismo resultado por un número determinado de entradas. Las técnicas de simulación generalmente utilizan una combinación de elementos estocásticos y deterministas (Long, 2010).

## SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

El enfoque más apropiado para modelar operaciones de construcción es la simulación de eventos discretos (Hassan & Gruber, 2008). Ésta permite el modelado dinámico de un sistema tal como evoluciona en el tiempo al hacer una representación en la cual el estado de las variables cambia instantáneamente en puntos separados en el tiempo (Law & Kelton, 2000). Dichos puntos en el tiempo son medidos cuando el evento ocurre, y con cada ocurrencia el estado del sistema y su desempeño son actualizados tomando en cuenta el hecho de que un evento ha ocurrido. La mayoría de las actividades de la construcción pueden ser modeladas eficientemente utilizando una simulación de eventos discretos ya que los eventos ocurren solo en puntos específicos del tiempo (Hassan & Gruber, 2008).

La simulación de eventos discretos puede llevarse a cabo a mano, sin embargo, debido a la gran cantidad de datos que se almacenan y analizan durante la simulación, una gran cantidad de herramientas computacionales se han desarrollado y diseñado específicamente para modelar operaciones de construcción (Hassan & Gruber, 2008).

La simulación de eventos discretos como técnica computacional para entender el comportamiento de los sistemas constructivos puede ser usada para describir las perspectivas dinámicas y estocásticas de un proyecto, y también para ayudar al administrador a entender la estructura de un proyecto de manera simple y conveniente, sin tener la necesidad de desarrollar modelos matemáticos (Li, et al., 2012).

La simulación de eventos discretos a nivel de operaciones es utilizada para modelar procesos de construcción y analizar su productividad a nivel de operaciones. Por otro lado, los sistemas de programación de proyectos basados en simulación de eventos discretos también modelan la incertidumbre de la duración de las actividades y la variabilidad de los parámetros de la construcción a nivel de proyecto (Lee, et al., 2010).

Los pasos para llevar a cabo un estudio que implique la simulación de eventos discretos se enlistan a continuación (Martínez, 2010):

- Determinar el grado al cual el modelo de simulación de eventos discretos permitirá la comprensión del sistema en cuestión o la obtención de medidas de desempeño cuantitativas para el problema de interés.
- Establecer el alcance del modelo y especificar las preguntas que el modelo debe contestar.
- Definir el modelo para la operación. Esto incluye establecer el nivel de detalle del modelo, la selección de elementos que serán usados para representar el sistema real (por ejemplo, los recursos o las actividades) y capturarlos con la lógica adecuada.
- Recolectar datos propios de la operación que sean apropiados para el modelo. Esto incluye determinar distribuciones de probabilidad apropiadas y pruebas de bondad de ajuste.
- Verificar el modelo y los datos para asegurarse que son compatibles con el entendimiento del sistema del modelador.
- Validar el modelo para asegurarse que es compatible con el sistema real. Si un modelo ha sido



verificado, la validación busca determinar si el modelar realmente comprendió el sistema real.

- Analizar el resultado de una sola corrida de la simulación.
- Diseñar y ejecutar experimentos de simulación.
- Analizar el resultado de los experimentos para determinar el desempeño de varios sistemas configurados o seleccionar la mejor de varias alternativas.
- Documentar y presentar los resultados.
- Utilizar los resultados para la toma de decisiones.

## HERRAMIENTAS PARA LA SIMULACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

Una de las primeras técnicas diseñadas específicamente para modelar operaciones de construcción es la "Cyclic Operations Network" (CYCLONE) (Hassan & Gruber, 2008). En esta técnica, los modelos de los procesos son representados mediante redes Petri cíclicas. La naturaleza cíclica de las redes de CYCLONE proporciona un medio natural para describir procesos repetitivos y puede ser utilizada tanto para análisis como para estimación de niveles de productividad en construcción en general. Simuladores basados en la técnica CYCLONE han sido desarrollados para mejorar y extender las capacidades de dicha técnica, por ejemplo, RESQUE, COOPS, CIPROS y AP3, DISCO y STROBOSCOPE-CPM (Baeza Pereyra, et al., 2004).

Otra técnica de simulación desarrollada desde la aparición del CYCLONE en la década de los 70 es la "Activity Based Construction" (ABC), que se enfoca en la actividad de construcción para modelar el proceso de construcción (Shi, 1999).

En 1999 se introdujo también SIMPHONY como ambiente integrado para la construcción de herramientas de simulación con propósitos especiales (SPS por special purpose simulation) (Hajjar & AbouRizk, 1999). La SPS permite al practicante con conocimientos en un dominio dado, aunque no necesariamente en simulación, modelar un proyecto dentro del dominio de su conocimiento utilizando herramientas visuales de modelado que tienen una alta semejanza con los sistemas reales (Song, et al., 2005). SIMPHONY provee varias características que permiten evaluar diferentes características del modelo desarrollado, tales como el comportamiento de la simulación, representaciones gráficas, estadísticas y animación (Hassan & Gruber, 2008). SIMPHONY permite al usuario implementar herramientas de simulación muy flexibles que soportan modelado gráfico, jerárquico, modular e integral (Song, et al., 2005).

## METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene un alcance descriptivo ya que su objetivo es describir la relación que existe entre dos variables que se observan en un proyecto de construcción: el ausentismo y el tiempo de ejecución de las actividades de construcción. La descripción se analizará mediante un análisis de simulación de proyectos de construcción.

Debido a que para realizar un análisis de simulación de proyectos de construcción se requiere

una gran cantidad de datos, se ha considerado pertinente obtenerlos mediante la observación de proyectos de construcción de vivienda masiva. Esto se debe a las siguientes razones:

- La disponibilidad, en el contexto local, de proyectos de construcción de vivienda masiva.
- La naturaleza repetitiva de este tipo de proyectos permite la recolección de suficientes datos en el periodo disponible para la presente investigación.

Por lo anterior, se establece que la investigación se llevará a cabo de la siguiente manera:

- Se recolectarán los datos de productividad y ausentismo mediante la observación de las actividades más representativas de la construcción de vivienda en proyectos de construcción de vivienda masiva.
- Se obtendrá la distribución de las duraciones de las ausencias de los trabajadores en la ejecución de las actividades observadas.
- Se calculará la productividad de los trabajadores que ejecutan cada una de las tareas en las que se descomponen las actividades observadas.
- Se obtendrá la distribución de probabilidad más apropiada para la duración de cada una de las tareas que componen las actividades observadas.
- Se realizará un modelo de simulación para estimar los tiempos de ejecución de las actividades observadas.
- El modelo se validará comparando el tiempo estimado mediante la simulación con el tiempo real de ejecución de las actividades de construcción de vivienda observado en campo.
- Se realizará un análisis de sensibilidad comparando dos escenarios del modelo con un nivel de manipulación presencia-ausencia de la variable ausentismo. Para ello se incorporará el factor ausentismo al modelo para estimar su efecto sobre el tiempo de ejecución de las actividades observadas.

## **RECOLECCIÓN DE DATOS DE PRODUCTIVIDAD Y AUSENTISMO**

Antes de recolectar los datos se deben seleccionar las actividades más representativas de la construcción de vivienda. Se considerarán más representativas las actividades cuyo costo directo de la mano de obra tenga mayor impacto en el costo del proyecto. Las actividades seleccionadas serán descompuestas en tareas y éstas serán codificadas para facilitar el manejo de datos.

La recolección de los datos se llevará a cabo mediante la observación directa en campo y el llenado de formatos especialmente diseñados para el registro de la información que se requiere.

La información que debe ser recolectada se enlista a continuación:

- La duración de cada una de las ausencias que tenga cada trabajador durante el periodo de observación.

- La duración de los periodos entre cada ausencia durante el periodo de observación.
- La productividad de cada trabajador mientras ejecuta las tareas pertenecientes a las actividades observadas, considerando únicamente los periodos en los que el trabajador no esté ausente, para que los datos de productividad no se vean afectados por el ausentismo.

Se requerirán por lo menos cincuenta observaciones de productividad para cada una de las tareas pertenecientes a las actividades observadas, en periodos aleatorios durante la ejecución de los trabajos.

### CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN DEL AUSENTISMO

Como se mencionó anteriormente, no existe una definición clara para el ausentismo entre los diferentes autores que lo han abordado. Para este estudio se considerará a un trabajador como ausente si éste no se encuentra en el sitio de los trabajados en un periodo igual o mayor a quince minutos durante la recolección de datos.

Se plantean tres métodos para la medición de las duraciones de las ausencias:

- Observación de una jornada completa y registro de los datos en la cédula correspondiente. Si se decide utilizar este método se requiere de la observación de por lo menos treinta jornadas de trabajo.
- Observación de periodos aleatorios con duración estándar de dos horas en diferentes jornadas de trabajo y registro de los datos en la cédula correspondiente. Posteriormente se debe realizar una estimación de las duraciones de las ausencias en la jornada mediante el porcentaje de ausencias en los periodos observados. Se requieren por lo menos cien observaciones de este tipo.
- Una combinación de los métodos anteriores.

### CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD

Se calcularán las productividades diarias para cada tarea de cada actividad mediante la siguiente expresión:

$$Productividad = \frac{Volumen\ de\ ejecutado}{Tiempo\ de\ observación}$$

### OBTENCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS DURACIONES DE LAS AUSENCIAS DE LOS TRABAJADORES EN LA EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA

Con el objetivo de modelar el ausentismo se requiere obtener la distribución de las duraciones de las ausencias de los trabajadores en la ejecución de las actividades de construcción de vivienda

durante la jornada de trabajo. Dichas duraciones se obtendrán con los datos registrados en la cédula de registro del ausentismo de la mano de obra.

Utilizando el software EasyFit, que permite seleccionar rápidamente la distribución de probabilidad que mejor se ajuste a los datos de las duraciones, mediante las pruebas de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, de Anderson-Darling y la prueba de  $\chi^2$ , se seleccionará la distribución más apropiada para el conjunto de datos de las duraciones obtenidas en campo..

De la misma manera, se obtendrá la distribución de las duraciones de los periodos entre cada ausencia durante la ejecución de las actividades observadas.

### ELABORACIÓN DEL MODELO ESTÁTICO DEL PROYECTO

La siguiente etapa del estudio consiste en la elaboración del modelo estático de un proyecto que se someterá al análisis de simulación y que incluya las actividades observadas en campo.

Se elaborará un modelo estático de las tareas pertenecientes a las actividades observadas, es decir, una red que explique gráficamente la relación entre las ellas y la secuencia en la que se ejecutarán.

Se deben identificar además los recursos que requiere cada tarea y que sean pertinentes para el objetivo de la modelación.

### OBTENCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD MÁS ADECUADA PARA LA DURACIÓN DE LAS TAREAS PERTENECIENTES A LAS ACTIVIDADES SELECCIONADAS.

Para poder alimentar al modelo de simulación del proyecto, es necesario obtener la distribución de probabilidad más apropiada para la duración de cada una de las tareas que lo componen. Para ello se emplearán los datos de productividad que se han obtenido anteriormente.

Con cada uno de los datos de productividad se obtendrá una posible duración para completar cada tarea de acuerdo con la siguiente fórmula paramétrica:

$$D_{ij} = \frac{Q_{ij}}{P_{ij}^k * N_{ij}}$$

Donde  $D_{ij}$  es la duración de la tarea,  $Q_{ij}$  es el volumen total de unidades que se realizarán en el proyecto que se someterá al análisis de simulación,  $P_{ij}^k$  es la productividad del recurso que se requiere y, como se mencionó, se utilizará cada uno de los datos de productividad obtenidos anteriormente, y  $N_{ij}$  es el número de recursos asignados a la tarea.

Utilizando el software EasyFit que permite seleccionar rápidamente la distribución de probabilidad que mejor se ajuste a los datos utilizando las pruebas de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, de Anderson-Darling y la prueba de  $\chi^2$  se seleccionará la distribución más apropiada para el conjunto

de datos de las posibles duraciones obtenidas con la fórmula paramétrica explicada anteriormente.

## **MODELO DE SIMULACIÓN DEL PROYECTO**

Para el modelado del proyecto se utilizará el software Symphony.NET 4.0, el cual permite al usuario la creación de plantillas en un ambiente integrado para la construcción de herramientas de simulación con propósitos especiales.

El primer paso para el modelado del proyecto será la identificación de actividades y recursos y la lógica con la cual se relacionan.

Una vez que la lógica del modelo se considere adecuada, se procederá a la alimentación del modelo utilizando las distribuciones de probabilidad de las duraciones de las actividades que se obtuvieron anteriormente.

## **VALIDACIÓN DEL MODELO**

Para la validación del modelo se deberá comparar el tiempo de simulación de la ejecución de las actividades con el tiempo real de ejecución de las mismas y observar que ambos coincidan con un intervalo de confianza del 5%.

En caso de que la validación del modelo no se haya logrado con éxito, el modelo deberá ser revisado minuciosamente y se deberán realizar los ajustes y modificaciones pertinentes hasta lograr validarlo.

## **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

Una vez que el modelo del proyecto haya sido validado con éxito, el siguiente paso consiste en modelar un escenario diferente para poder llevar a cabo el análisis de sensibilidad.

Para este efecto se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

## **DEFINICIÓN DE VARIABLES**

El ausentismo será la única variable que será manipulada durante la simulación del modelo, es decir, el ausentismo será la variable independiente del análisis.

El tiempo de ejecución de las actividades de construcción de vivienda será la variable sobre la que se medirá el efecto del ausentismo, por lo que será la variable dependiente.

Se conoce de antemano que existen otras variables que afectan el tiempo de ejecución de las actividades de construcción de vivienda, pero éstas no serán manipuladas y su efecto sobre la variable

dependiente estará presente con la misma incidencia que en todos los grados de manipulación de la variable independiente.

## **MANIPULACIÓN DEL AUSENTISMO**

Se plantean dos escenarios para el análisis del efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente.

El primer escenario que se analizará será aquel que provenga de los datos de productividad tomados en campo. En este escenario no se tendrá presencia de la variable independiente, ya que los datos habrán sido recolectados cuando los trabajadores estén presentes en el sitio de los trabajos, es decir, sin ausentismo.

Posteriormente se incorporará el factor ausentismo mediante la distribución de las duraciones de las ausencias de los trabajadores en la ejecución de las actividades de construcción observadas y la distribución de las duraciones de los periodos entre cada ausencia durante la ejecución de las actividades observadas.

## **COMPARACIÓN DE RESULTADOS**

Los resultados de las corridas de ambos escenarios serán comparados para determinar el impacto del ausentismo de la mano de obra en el tiempo total de ejecución del proyecto de edificación simulado.

Lo anterior puede realizarse analizando diferentes proyectos, con diferentes condiciones, que incluyan las actividades observadas en campo.

## **AVANCES**

Actualmente el proyecto se encuentra en la etapa de recolección de datos. Se han identificado diferentes proyectos de construcción de vivienda masiva, en los cuales, en periodos aleatorios, se han recolectado datos de productividad para las actividades que se están ejecutando en cada uno, así como los primeros datos de ausentismo que se han presentado.

## **CONCLUSIONES PARCIALES**

En el corto periodo de observación que se ha llevado a cabo para esta investigación hasta el momento de escribir el presente artículo, se ha constatado que efectivamente el ausentismo de la mano de obra en los proyectos de construcción es un fenómeno que ocurre con alta frecuencia y que produce retrasos evidentes en la ejecución de las tareas.

Además, se ha percibido que los residentes de obra y administradores del proyecto no tienen conocimiento del impacto de dicho fenómeno en el tiempo de ejecución de las actividades que componen sus proyectos. Sin embargo, han mostrado interés en conocer los resultados que podría arrojar la presente investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

*AbouRizk, S., 2010. Role of simulation in construction engineering and management. Journal of Construction Engineering and Management, pp. 1140-1153.*

*Arcudia Abad, C. E., Corona Suárez, G. A. & Pino Rosado, G. E., 2003. Absentismo y rotación en la construcción masiva de vivienda. Efecto en la productividad. Industrial, pp. 53-59.*

*Assaf, S. A. & Al-Hejji, S., 2006. Causes of delay in large construction projects. International Journal of Project Management, pp. 349-357.*

*Baeza Pereyra, J. R., Arcudia Abad, C. E. & González Fajardo, J. A., 2004. Simulación estocástica de rendimientos de mano de obra en procesos de construcción. Ingeniería, Revista Académica de la Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Yucatán, 8(2), pp. 103-115.*

*Baeza Pereyra, J. R., Solís Carcaño, R. & Arcudia Abad, C. E., 2003. Utilizando información acerca de productividad de mano de obra y simulaciones computacionales en el salón de clase. Revista Ingeniería de Construcción, 18(1), pp. 14-21.*

*Botero Botero, L. F. & Álvarez Villa, M. E., 2004. Guía del mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento). Revista Universidad EAFIT, 40(136), pp. 50-64.*

*Eizakshiri, F., Chan, P. W. & Emsley, M., 2011. Delays, what delays? A critical review of the literature on delays in construction. Bristol, UK, Association of Researchers in Construction, pp. 839-848.*

*Fayek, A. R., SangHyun, L. & Salehi Sichani, M., 2011. Understanding construction workforce absenteeism in industrial construction. Canadian Journal of Civil Engineering, p. 849+.*

*García Ibarra, A. J., 2011. La administración del tiempo de ejecución en proyectos de obra pública de edificación. Mérida: Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Yucatán.*

*Gómez Cabrera, A., 2010. Simulación de procesos constructivos. Revista Ingeniería de Construcción, 25(1), pp. 121-141.*

*Hajjar, D. & AbouRizk, S., 1999. SIMPHONY: An environment for building special purpose construction simulation tools. s.l., Society for Computer Simulation, pp. 998-1006.*

*Halpin, D. W., 2006. Construction Management. Tercera ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc..*

*Halpin, D. W. & Riggs, L. S., 1992. Planning and analysis of construction operations. s.l.:John Wiley & Sons, Inc..*

*Hanna, A. S., Menches, C. L., Sullivan, K. T. & Sargent, J. R., 2005. Factors affecting absenteeism in electrical construction. Journal of Construction Engineering and Management, pp. 1212-1218.*

*Hanna, A. S., Russell, J. S., Nordheim, E. V. & Bruggink, M. J., 1999. Impact of change orders on labor efficiency for electrical construction. Journal of Construction Engineering and Management, 125(4), pp. 224-232.*

*Hassan, M. M. & Gruber, S., 2008. Simulation of concrete paving operations on Interstate-74. Journal of Construction Engineering and Management, pp. 2-9.*

*Hinze, J., Ugwu, M. & Hubbard, L., 1985. Absenteeism in construction industry. Journal of Management in Engineering, pp. 188-200.*

18 *Law, A. M. & Kelton, W. D., 2000. Simulation modeling and analysis. Tercera ed. New York: McGraw-Hill.*

*Lee, D.-E., Yi, C.-Y., Lim, T.-K. & Arditi, D., 2010. Integrated simulation system for construction operation and project scheduling. Journal of Computing in Civil Engineering, pp. 557-569.*

*Li, S., Jia, Y. & Wang, J., 2012. A discrete-event simulation approach with multiple-comparison procedure for stochastic resource-constrained project scheduling. Int J Adv Manuf Technol.*

*Long, G., 2010. A detailed investigation of the applicability and utility of simulation and gaming in the teaching of civil engineering students. Nottingham: Tesis de doctorado, University of Nottingham.*

*Mahamid, I., 2013. Contractors perspective towards factors affecting labor productivity in building construction. Engineering, Construction and Architectural Management, Volumen 20, pp. 446-460.*

*Martínez Delgadillo, J. G., 2006. Análisis de las diferencias entre el tiempo programado y el tiempo real de ejecución de un edificio de condominio. Mérida: Monografía de licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán.*

*Martínez, J. C., 2010. Methodology for conducting discrete-event simulation studies in construction engineering and management. Journal of Construction Engineering and Management, pp. 3-16.*

*Muñoz, D. F. & Muñoz, D. F., 2010. Planeación y control de proyectos con diferentes tipos de precedencias utilizando simulación estocástica. Información tecnológica, pp. 25-33.*

*Padilla Espadas, A. E., 2003. Estudio de los factores que inciden en el ausentismo voluntario de la mano de obra en la construcción de viviendas masivas. Mérida: Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Yucatán.*

*Pino Rosado, G. E., 2002. El absentismo y la rotación de los albañiles en la construcción masiva de vivienda: Variables que afectan la productividad. Mérida: Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Yucatán.*



*Project Management Institute, 2004. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Third Edition ed. Newtown Square(Pennsylvania): PMBOK® Guide.*

*Serpell B., A., 1986. Productividad en la construcción. Revista de Ingeniería de la Construcción, Issue 1, pp. 53-59.*

*Shi, J. J., 1999. Activity-based construction (ABC) modeling and simulation method. Journal of Construction Engineering and Management, pp. 354-360.*

*Solís Carcaño, R. G., Martínez Delgadillo, J. & González Fajardo, J. A., 2009. Estudio de caso: demoras en la construcción de un proyecto en México. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 1(13), pp. 41-48.*

*Song, L., Al-Battaineh, T. & AbouRizk, S., 2005. Modeling uncertainty with an integrated simulation system. Canadian Journal of Civil Engineering, pp. 533-542.*

*Sonmez, R. & Rowings, J. E., 1998. Construction labor productivity modeling with neural networks. Journal of Construction Engineering and Management, pp. 498-504.*



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

# **Administración de riesgos en obras de infraestructura**

**Mtro. Luis Antonio Rocha Chiu  
Dr. Víctor Jiménez Argüelles  
Mtro. Oscar Monter Espinosa  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**



## Administración de riesgos en obras de infraestructura

**Mtro. Luis Antonio Rocha Chiu**

rcla@correo.azc.uam.mx

**Dr. Víctor Jiménez Argüelles**

jjav68@yahoo.com.mx

**Mtro. Oscar Monter Espinosa**

oscar\_monter@hotmail.com

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

### ABSTRACT

The country's infrastructure consists of fixed public capital that allows a broad exchange of goods and services. When managed properly, infrastructure strengthens economic activity, generating jobs, encourages public and private investment, increases the population life's quality, and improves productivity and competitiveness. To overcome the shortcomings of public services and infrastructure and promote competitiveness ratings, in recent years the Mexican Government has devoted increasingly higher investments to develop the national infrastructure.

On the other hand, successfully completing the infrastructure works, especially those of greater importance in terms of investment and size, requires proper coordination between the agencies involved and a careful development of the planning, design and construction stages. National and international experience in large infrastructure projects shows the frequent presence of cost overruns and delays in construction, deficiencies in the quality and faults in the operation. Such problems can be prevented through different strategies, one of them is risk management.

This paper highlights the tools used in risk management in large infrastructure projects to mitigate, reduce or eliminate the presence of adverse outcomes in projects. Also, presents the evolution of Mexico competitiveness's level, infrastructure's investments in the past years, the most representative works and the results obtained.

### KEYWORDS

Competitiveness, infrastructure, management, risks, public works

## RESUMEN

La infraestructura de un país está constituida por todo el capital público fijo que permite un amplio intercambio de bienes y servicios. Cuando se gestiona de manera correcta, la infraestructura fortalece la actividad económica, genera empleos, fomenta la inversión pública y privada, incrementa la calidad de vida de la población y mejora la productividad y la competitividad. Para superar los rezagos en materia de infraestructura y servicios públicos y ascender en los índices de competitividad, en los últimos años el gobierno mexicano ha dedicado inversiones cada vez más altas para desarrollar la infraestructura nacional.

Por otra parte, para culminar de manera exitosa las obras de infraestructura, especialmente las de mayor importancia en términos de inversión y tamaño, se requiere una adecuada coordinación entre las entidades involucradas y un desarrollo cuidadoso de las etapas de planeación, diseño y construcción. La experiencia nacional e internacional en grandes proyectos de infraestructura muestra la presencia frecuente de sobrecostos y atrasos en la construcción, deficiencias en la calidad y fallas en la operación. Este tipo de problemas pueden prevenirse mediante diferentes tipos de estrategias, una de ellas es la administración de riesgos.

En este trabajo se destacan las herramientas que utiliza la gestión de riesgos en grandes obras de infraestructura para mitigar, disminuir o eliminar la presencia de resultados adversos en los proyectos. Como antecedente se presenta la evolución del nivel de competitividad de México, las inversiones realizadas en infraestructura en los últimos años, las obras más representativas y los resultados obtenidos.

## PALABRAS CLAVE

Infraestructura, grandes obras, administración, riesgos, competitividad

## INTRODUCCIÓN

El concepto de infraestructura es un término difícil de delimitar teóricamente que engloba los activos que sirven de soporte para los servicios considerados como esenciales para el desarrollo de una nación. En particular, la infraestructura pública de un país está constituida por todo el capital público fijo que permite un amplio intercambio de bienes y servicios. Se considera que la creación de infraestructura es básica en el proceso de desarrollo económico, pues en ausencia de ésta se limitan seriamente los incrementos en la productividad.

Actualmente muchos países enfrentan un déficit de infraestructura que afecta directamente la competitividad de sus economías, la productividad y el bienestar social de su población. Al respecto México no es la excepción, ya que muestra un rezago de infraestructura y servicios públicos que se manifiesta en el estancamiento de la competitividad del país en la última década; para solucionar esta situación las tres últimas administraciones federales han instrumentado planes de infraestructura, en los cuales se han canalizado inversiones públicas importantes, cuyo monto representa porcentajes crecientes con respecto al Producto Interno Bruto (PIB).

La inversión pública destinada a infraestructura está constituida por obras de diferente importancia y tamaño en los sectores de la energía, comunicaciones y transportes, agua y saneamiento y protección al ambiente. Los resultados de estas obras respecto a su calidad, costos de construcción y tiempos de ejecución son variados, muchos proyectos se han ejecutado dentro de los plazos, presupuestos y especificaciones previamente estipuladas; sin embargo, existen evidencias de obras donde se han presentado desviaciones importantes en tiempo, costo y calidad, particularmente obras grandes en términos de complejidad, tamaño e inversión.

Muchas de estas desviaciones pueden ser evitadas o eliminadas mediante una evaluación integral en las etapas iniciales del ciclo de vida del proyecto, un enfoque por medio de la administración de riesgos ayuda a identificar, analizar, evaluar y formular estrategias de respuesta ante los peligros que enfrentan los proyectos en su desarrollo. En este artículo se exponen las técnicas de la gestión de riesgos aplicables principalmente a grandes obras de infraestructura, exponiendo cada una de las fases de esta metodología y su aplicación a obras realizadas y en proceso de ejecución.

## INFRAESTRUCTURA Y COMPETITIVIDAD EN MÉXICO

Muchos bienes de capital que integran la infraestructura son bienes públicos más o menos puros, como las carreteras, puentes y otras obras, en tanto que muchos otros pueden ser públicos o privados, como las escuelas y hospitales. Al respecto, es conveniente comentar que en el mundo se distinguen dos tipos principales de infraestructura: económica y social (World Bank, 1994). La infraestructura económica es el conjunto de estructuras de ingeniería de larga vida, equipos e instalaciones, así como los servicios que proporcionan, y que se utilizan para la producción o directamente para el consumo, como: la electricidad, los oleoductos, las telecomunicaciones, el agua, la red de alcantarillado e instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales y los residuos sólidos, las carreteras, las presas y canales para riego, la red ferroviaria, el transporte urbano, los puertos y los aeropuertos. En infraestructuras sociales se incluye la salud y la educación, cuyas instalaciones están constituidas principalmente por edificios como: hospitales, clínicas, escuelas e institutos de investigación.

La descripción anterior pone en evidencia la complejidad y la heterogeneidad de las actividades que se integran en la definición de infraestructura. Desde un punto de vista técnico, las diferencias existentes entre estas actividades las sitúan en campos de especialización diferentes, lo que hace que no parezca que tengan elementos comunes para su análisis conjunto. Sin embargo, casi todas comparten algunas características como: altos costos de inversión y de operación, larga vida útil, posibilidad de obtener economías de escala, irreversibles en cuanto a su utilización y demanda incierta.

El efecto de las instalaciones públicas en la producción ha recibido gran atención desde que se demostró que la inversión en infraestructura pública tuvo un efecto significativo en el crecimiento económico de algunos países desarrollados, como Estados Unidos (Aschauer, 1989). En el caso de México, un estudio (Noriega et al, 2007) basado en un modelo teórico en el que la inversión en infraestructura complementa la inversión privada, analiza el efecto a largo plazo de la infraestructura pública en la producción, así como el carácter óptimo de los niveles de infraestructura alcanzados. La investigación utiliza datos anuales desde 1950 hasta 2003 del producto interno bruto (PIB) per cápita real y algunas variables de la infraestructura pública, que incluyen medidas per cápita de los kilovatios de electricidad, los kilómetros de carreteras y el número de líneas telefónicas. Con derivadas de largo plazo se determinan efectos positivos y significativos de la inversión en electricidad, teléfonos y carreteras en la producción real.

Básicamente, estos estudios respaldan la opinión de que la construcción de infraestructura por sí sola origina beneficios inmediatos, como: empleo y crecimiento, y a largo plazo: aumento de la competitividad y disminución de la desigualdad. En este sentido, puede afirmarse que los niveles de competitividad están estrechamente relacionados con el desarrollo de la infraestructura de los países.

Debido a esta situación el gobierno mexicano ha tomado en los últimos años como uno de sus ejes de política económica la provisión de infraestructura para resolver los problemas básicos de servicios públicos y, al mismo tiempo, ascender en las mediciones internacionales de competitividad. De esta manera, el gobierno ha tratado de destinar cada vez más presupuesto al desarrollo de la infraestructura nacional, por ejemplo en el sexenio 2001-2006 la inversión pública en infraestructura fue de 2 billones 827 mil millones de pesos y en el siguiente sexenio a través del Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 (PNI) el gasto público realizado fue de 4 billones 73 mil millones de pesos.

En este contexto, los datos históricos revelan que la inversión pública en infraestructura ha crecido en los últimos doce años al 5.3% en forma anual, al pasar de 399,508 millones de pesos en 2001 a 746,761 millones de pesos en 2013, lo que significa un incremento compuesto del 85%; mientras que la proporción de la inversión con respecto al PIB pasó de 3.1% a 4.6% en el mismo período (Tabla 1).

A pesar de los crecientes niveles de inversión que el gobierno mexicano ha destinado al desarrollo de la infraestructura nacional, la posición de México en el listado general de competitividad del Foro



Año	Inversión en infraestructura (Millones de pesos de 2013)	% del Producto Interno Bruto
2001	399,508	3.1
2002	383,894	3.1
2003	440,859	3.5
2004	477,579	3.6
2005	509,561	3.7
2006	616,061	3.9
2007	606,692	4.1
2008	645,889	4.3
2009	669,795	4.8
2010	696,448	4.9
2011	725,688	4.8
2012	729,040	4.5
2013	746,761	4.6
2014 <sup>P</sup>	871,716	5.2

Tabla 1. México: Inversión pública en infraestructura 2001-2014  
p = presupuestado

Fuente: 2º. Informe de Gobierno, Presidencia de la República, 2014, México

Económico Mundial (WEF-World Economic Forum) no refleja con claridad los beneficios alcanzados en este aspecto. Así, en el último informe de competitividad (World Economic Forum, 2013) México se ubicó en el lugar 55 de 148 países con una puntuación de 4.34, clasificado en la transición entre la segunda y la tercera etapas de desarrollo identificadas por el WEF. Las bajas puntuaciones en algunos de los pilares de la competitividad, como: instituciones nacionales, mercado laboral, educación y tecnología no han permitido que el país mejore su puntuación en el índice global de competitividad, cuya evolución en los últimos ocho años muestra signos de estancamiento. En tanto las puntuaciones de los indicadores relacionados con la infraestructura han mostrado una evolución positiva en los últimos seis años, de 2008 a 2013, destacando el índice de infraestructura, calidad de la infraestructura y calidad de las carreteras, pero este aumento ha sido insuficiente para incidir de manera importante en el indicador global de competitividad (Tabla 2).

De tal forma que el desempeño heterogéneo en los índices de los distintos pilares de la competitividad de México no ha permitido mejorar las posiciones en el listado de competitividad del WEF con

Año	Índice global de competitividad	Índice de infraestructura	Calidad de la infraestructura	Calidad de las carreteras
2006	4.23 3	.55	3.56 3	.77
2007	4.26 3	.55	3.45 3	.61
2008	4.23 3	.51	3.34 3	.54
2009	4.19 3	.69	3.77 3	.97
2010	4.19 3	.74	3.90 4	.05
2011	4.29 3	.98	4.19 4	.28
2012	4.36 4	.03	4.41 4	.50
2013	4.34 4	.14	4.41 4	.56

Tabla 2. México: Índices de competitividad global y de infraestructura 2006-2013

Fuente: The Global Competitiveness Report 2013-2014, WEF, 2013, Geneva, Switzerland.

respecto a otros países. En la Figura 1 se observa un retroceso en la competitividad global del país al pasar de la posición 52 en el año 2006 al lugar 66 en el año 2010, mejorando su ubicación en los dos siguientes años y estabilizando su posición a la fecha; las posiciones del país con respecto a los indicadores de infraestructura y de calidad de la infraestructura presentan un comportamiento similar al índice global de competitividad, en tanto que la posición del país relacionada con el indicador de calidad de las carreteras muestra un comportamiento sensiblemente más favorable. No obstante, las posiciones de México en estos indicadores en 2013 son inferiores a las que se tenían en 2006.

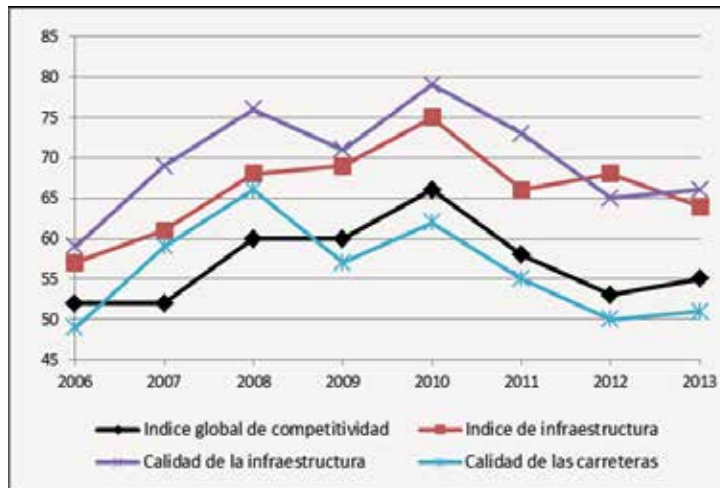


Figura 1. México: Evolución de las posiciones de competitividad de 2006-2013

Aunque el esfuerzo realizado por el gobierno mexicano en materia de inversiones ha sido valioso, destaca el hecho de que los recursos públicos asignados son todavía insuficientes para contrarrestar el déficit de infraestructuras y para mejorar la competitividad del país en el plano internacional. Simplemente, la diferencia entre la necesidad promedio anual y los fondos públicos disponibles sigue siendo significativa para satisfacer la demanda del país en infraestructura.

Ante este panorama, el gobierno mexicano busca incentivar las inversiones por parte del sector privado y asegurar que se destinen más recursos para el desarrollo de nuevos proyectos que, de otra forma, tendrían que esperar para ser llevados a la realidad. De tal suerte que los esquemas de colaboración entre los sectores público y privado y los cambios legislativos que el gobierno mexicano ha promovido para desarrollar estas alternativas de financiamiento, son parte de una solución al reto que enfrenta el país para cerrar la brecha de infraestructura. Es poco probable que estas colaboraciones reemplacen por completo el financiamiento tradicional de la obra pública para el desarrollo de infraestructura, pero ofrecen diferentes beneficios a los gobiernos que están intentando resolver sus déficits de infraestructura y mejorar la eficiencia de los servicios públicos.

De esta forma, en la actualidad el gobierno mexicano mantiene la política de seguir mejorando la infraestructura nacional tanto con recursos públicos como con participación privada. Así, en el actual sexenio el programa de infraestructura contempla una inversión total de 7 billones 750 mil millones de pesos, 4 billones 884 mil millones de pesos serán recursos públicos (63.0%) y el resto inversión privada, esto es 2 billones 866 mil millones de pesos (Tabla 3).

Sector	No. de proyectos	Recursos Públicos	%	Recursos Privados	%	Inversión total	%
Comunicaciones y transportes	223	557,976	42.3	762,133	57.7	1,320,109	17.0
Energía	262	2,833,947	72.7	1,063,955	27.3	3,897,902	50.3
Hidráulico	84	370,176	88.6	47,580	11.4	417,756	5.4
Salud	8	71,738	98.5	1,062	1.5	72,800	0.9
Desarrollo agrario y urbano	4	981,201	52.7	879,539	47.3	1,860,740	24.0
Turismo	83	9,039	38.1	112,203	61.9	181,242	2.3
<b>Totales</b>	<b>743</b>	<b>4,884,077</b>	<b>63.0</b>	<b>2,866,472</b>	<b>37.0</b>	<b>7,750,549</b>	<b>100.0</b>

Tabla 3. México: Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018  
Inversión Estimada por Sector (Millones de pesos de 2014)  
Fuente: Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018, Presidencia de la República, 2014

La mayor inversión del programa es para el sector de energía por un total de 3 billones 897,902 millones de pesos (50.3% de la inversión total del programa) de los que se destinan 598,384 millones de pesos a 138 proyectos del sector eléctrico de CFE y 3 billones 299,517 millones a 124 proyectos petroleros de PEMEX. Le siguen el sector de desarrollo agrario, territorial y urbano con 24.0% del total destinados a desarrollar 4 proyectos a nivel nacional y el sector de comunicaciones y transportes con 17.0% para ejecutar 223 proyectos.

## PLANEACIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

Las obras de infraestructura deben realizarse en forma coordinada de acuerdo a reglamentos, planos y especificaciones, respetando las restricciones impuestas en el proceso constructivo, que generalmente son exclusivas para cada proyecto. A pesar de la similitud entre obras de infraestructura, existen siempre elementos distintos que hacen a cada proyecto único, tales como: el tipo de suelo del lugar, las condiciones climatológicas y la disponibilidad de recursos materiales, humanos y de maquinaria.

A menudo es difícil controlar el desarrollo de los proyectos de construcción, es tarea del equipo que controla el proyecto predecir dentro de lo posible las diferentes situaciones que se pueden encontrar, desarrollando planes y estrategias para cada caso. Dentro de estas situaciones, los retos más importantes para ejecutar la obra son el control del costo, del tiempo y de la calidad, pero no son los únicos, la complejidad, el tamaño, el monto total de la inversión y los participantes del proyecto también son aspectos que pueden influir positiva o negativamente en el resultado final.

En la actualidad la administración de los proyectos de construcción está orientada mediante un enfoque integrador que considera todos los factores que intervienen en la obra a lo largo del ciclo de vida del proyecto, desde la etapa conceptual hasta la operativa, pasando por las fases de factibilidad, diseño e ingeniería, procuración, construcción y pruebas, con el propósito de ejecutar las construcciones al menor costo posible dentro de las especificaciones de desempeño estipuladas al inicio.

Existen evidencias de que la fase de planeación y diseño influye en forma fundamental en el desarrollo de las etapas de construcción y operación, a pesar de que el costo de esta fase con frecuencia consume una parte relativamente pequeña del presupuesto total de un proyecto en comparación con las fases de construcción y de operación; sin embargo, una deficiente elaboración de la planeación, diseño e ingeniería de una obra pueden ocasionar deficiencias de la calidad importantes y sobrecostos en la fase de construcción y en la de operación a lo largo de su vida útil.

Asimismo, en el medio de la construcción es frecuente considerar solamente el costo de la obra como la parte más importante del proyecto. No obstante, existen otros costos que necesariamente el propietario tendrá que asumir para concluir el proyecto completo, como: el costo de adquisición del terreno o derecho de vía, las erogaciones para la elaboración de los estudios, la ingeniería básica y los diseños, pagos para licencias y permisos, gastos de administración de la construcción y costos financieros, además de la propia inversión en la obra.

Adicionalmente al costo de capital requerido para realizar la obra completa, el propietario debe considerar los costos de mantenimiento y operación del proyecto durante su funcionamiento normal. En conjunto, el costo de capital y los de mantenimiento y operación representan la totalidad del costo del proyecto, con los que se determina la conveniencia de elegir entre proyectos alternativos mediante la rentabilidad medida con el valor presente neto o la tasa interna de retorno de los flujos de efectivo.

Por otra parte, existen diversos participantes en el proceso de desarrollo del proyecto construcción cuyo papel hace posible el alcance de los objetivos del mismo. El propietario, ya sea privado o público, es la parte que inicia la demanda del proyecto y quien paga por su realización. La responsabilidad del dueño en el proceso varía en forma considerable; sin embargo, su principal función es la de diferenciar y establecer el alcance en el trabajo de las otras partes participantes. También, debe revisar la factibilidad del proyecto conforme a presupuestos aproximados y detallados de la obra, así como vigilar permanentemente el desarrollo general y el avance financiero.

Los diseñadores y proyectistas son los responsables del desarrollo adecuado de los planos y especificaciones de acuerdo con los códigos de diseño y establecen un vínculo entre el deseo del propietario y su realización como proyecto. El constructor es el encargado de manejar los recursos necesarios para ejecutar la obra de acuerdo al presupuesto y cumplir la calidad requerida en las especificaciones desde un principio.

El éxito de cualquier proyecto depende de la correcta coordinación y control del conjunto por medio de equipos interdisciplinarios de ingenieros y arquitectos que pueden conformarse a través del establecimiento formal de la gerencia de proyecto o gestión integrada del proyecto.

En este contexto, la dirección integrada del proyecto debe utilizar el mayor número de herramientas administrativas para alcanzar el éxito del proyecto en términos de calidad, tiempo y costo, entre ellas pueden estar: estructuras organizativas específicas, modelos de información de construcción, control de costos y programación de obra mediante programas especializados de computadora, aplicación de técnicas de ingeniería del valor y de administración de riesgos.

La Tabla 4 presenta una guía descriptiva de diferentes elementos de administración de proyectos que es recomendable emplear para ejecutar cualquier tipo de obra, especialmente para los grandes proyectos de infraestructura.

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
Marco organizacional	Estructura organizacional del proyecto, que considere las funciones y responsabilidades de los miembros clave del equipo del proyecto.
Sistemas y tecnología	Herramientas utilizadas para apoyar las funciones de administración y control de proyectos, sistemas relevantes que abarcan a toda la empresa
Gestión de contratos	Estrategias de contratación de proveedores, diseñadores y constructores, incluyen las prácticas y procesos para su evaluación
Gestión del diseño e ingeniería	Coordinación de estudios, diseño e ingeniería del proyecto, incluye el control, seguimiento, evaluación y cambios al proyecto
Administración financiera.	Fuentes de financiamiento, elaboración de presupuestos, pronósticos de costos y monitoreo de ingresos y gastos reales del proyecto
Administración de programas	Procesos de control del programa de obra, evaluación de la productividad de los recursos del proyecto y control de desviaciones en los programas
Administración de riesgos	Identificación, clasificación, análisis y evaluación de los riesgos del proyecto, preparación de planes de control, mitigación y distribución de riesgos
Comunicación y reportes	Reportes de control, informes, actualizaciones, seguimiento de los problemas del proyecto y normas de presentación de la información

Tabla 4. Elementos de administración de proyectos

Adaptado de “Administración de riesgos y control de programas de construcción en megaproyectos”, Pricewaterhouse Coopers México, 2013.

## RIESGOS EN LOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA

Los grandes proyectos de infraestructura son riesgosos por naturaleza, la gran cantidad de participantes, los numerosos procesos involucrados, la complejidad del tamaño y de la inversión, los problemas ambientales y de administración, son razones que dan lugar al riesgo. En ese sentido es pertinente señalar que el manejo y administración del riesgo comprende predecir y anticipar eventos que pueden causar resultados poco deseados. Riesgo es un concepto abstracto, bastante complicado de definir y en muchos casos imposible de medir con precisión. Como tal, el riesgo del negocio debe ser compartido por patrocinadores, dueños, gobiernos, constructores, proveedores de bienes y servicios, y por el sector financiero.

Las grandes obras de infraestructura pueden no tener ninguna utilidad económica o social para los inversionistas o el gobierno según sea el tipo de proyecto. Los periodos de retorno de los beneficios económicos o sociales pueden tardar muchos años, es durante el periodo de explotación que los promotores (iniciativa privada o gobierno) del proyecto detectan que los retornos no serán los esperados y, consecuentemente, se puede enfrentar la posibilidad de contraer deudas importantes con las instituciones financieras en el caso de financiamiento privado o pérdidas cuantiosas o el fracaso de los proyectos con cargo a los contribuyentes en el caso de obras públicas.

Las dificultades de los promotores y de los acreedores surgen, en la gran mayoría de los casos, por el hecho de que el conocimiento del concepto de riesgo y su administración es prácticamente nulo,

o como es común, cuando es complejo, no se administra y controla en la forma debida.

En general, los grados de riesgo difieren sustancialmente dependiendo de la naturaleza y características propias de cada proyecto. Por ejemplo, los proyectos petroleros que se ejecutan en mar abierto mediante plataformas, son técnicamente difíciles de ejecutar, y enfrentan un sinnúmero de riesgos relacionados con el medio ambiente, el clima, la profundidad de los yacimientos y la geología del lugar, entre otros. A su vez, la construcción de plantas hidroeléctricas, termoeléctricas o nucleares enfrenta altos niveles de riesgo tanto en la parte técnica como en la ambiental y social.

El riesgo se puede entender como la posibilidad de que el proyecto, sus eventos, el impacto y la dinámica de sus resultados se presenten de una manera diferente a la anticipada por las partes. En términos matemáticos se define el riesgo como “el efecto combinado de la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado multiplicado por la magnitud del evento”.

En esta definición entran no sólo a las pérdidas, sino también los potenciales beneficios y oportunidades que el entorno nos ofrece. Esto es, si se considera que la decisión de asumir un determinado riesgo no significa de manera alguna que la parte obligada vaya a sufrir únicamente una pérdida. La responsabilidad de soportar la carga de un determinado riesgo puede de igual manera generar un beneficio para la parte que lo asume.

En el medio de la administración de riesgos se privilegia el principio según el cual “el riesgo en un proyecto deberá ser asignado a la persona o parte que mejor pueda administrarlo”. Resulta evidente que este principio no ha sido aplicado en las grandes obras de infraestructura en forma sistemática por los promotores de los proyectos, sean entidades públicas, empresas privadas o el sector financiero, por lo que en muchos aspectos los riesgos son asignados a participantes que están suficientemente capacitados para enfrentarlos, como los constructores y diseñadores de los proyectos.

La determinación de riesgos y su repartición juegan un papel preponderante en la estructuración económica y financiera del proyecto y en la determinación del precio que se habrá de pagar al constructor de la obra. A mayor riesgo asumido por el constructor de la obra, mayor será el precio que este requerirá para su construcción. Por ejemplo, si el contrato estipula que el constructor asuma todos y cada uno de los riesgos referentes a las condiciones físicas y geológicas del sitio de la obra, sin importar si las mismas son o no determinables, el constructor establece su propuesta económica cubriendo los riesgos que le están imponiendo. Sin embargo, si no se llegara a presentar ninguna clase de condiciones adversas durante la ejecución del proyecto, el promotor estará pagando un precio por un riesgo que no se materializó.

En este contexto, un estudio muestra la evaluación de 60 grandes proyectos de infraestructura alrededor del mundo en los que se identificaron los principales riesgos a los cuales estuvieron expuestas estas obras (Rodríguez, 2007). El resultado encontró que los riesgos relacionados con los mercados y factores económicos dominaban la lista de los riesgos que amenazaban cada proyecto en un 41.7%, seguidos por los riesgos técnicos en un 37.8% y los riesgos legales y políticos en un 20.5%. Estos datos muestran que la exposición al riesgo es un factor común a la gran mayoría de proyectos de infraestructura, de allí la importancia del tema para la industria de la construcción y para los diferentes agentes que participan directa e indirectamente en la estructuración de estas obras.

Las herramientas de la administración de riesgos permiten formular estrategias de respuesta ante las situaciones críticas a que están sujetos los proyectos de construcción durante su vida útil, la metodología se compone esencialmente de cuatro fases: identificación, evaluación, respuesta y documentación. La identificación consiste en detectar todos los posibles riesgos que puedan impactar significativamente la realización del proyecto. El propósito de la evaluación es determinar las categorías de riesgos en términos de tipo, impacto y probabilidad, las categorías pueden emplearse en una simple tentativa de evaluación subjetiva o en un procedimiento más serio de evaluación del riesgo. La fase de respuesta requiere un sistema estratégico apropiado para mitigar los riesgos del proyecto asegurables y planeación específica para los riesgos no asegurables. La documentación consiste en construir una base de datos para continuar evaluando los riesgos con el proyecto en avance y para utilizarse en proyectos posteriores (Wideman, 1996).

Los riesgos se pueden identificar y describir en varios niveles, y puede haber una diferencia considerable entre proyectos y organizaciones distintas. Algunos proyectos identifican sólo un número pequeño de riesgos de alto nivel mientras que otros tienen decenas o cientos de riesgos detallados. Una descripción de riesgo generalizada puede crear dificultades para desarrollar respuestas apropiadas, mientras que el describir riesgos con todos los detalles puede generar mucho trabajo.

En este artículo se utiliza la clasificación por riesgos de proyecto y riesgos generales. Los primeros, se refieren a los factores relacionados con la gestión del proyecto, como: diseño, construcción, operación y administración; y los segundos, son factores relacionados con las condiciones políticas, sociales y económicas del país donde están ubicados los proyectos, entre las que se pueden mencionar la estabilidad política y social, la seguridad de la propiedad privada, la estructura jurídica y los indicadores económicos como el tipo de cambio, tasas de interés e inflación (Grimsey y Lewis, 2002).

## **APLICACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA**

En este apartado se presentan algunos ejemplos que ilustran la aplicación de las técnicas de administración de riesgos. En primer lugar se presenta una evaluación de riesgos que compara el programa de concesión de autopistas de peaje 1989-94 con el actual modelo de concesiones que utiliza la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para desarrollar las carreteras de altas especificaciones del país. En el siguiente ejemplo se muestra mediante análisis de riesgos los errores más comunes que se cometieron en el proceso de diseño y construcción de la Línea 12 del metro de la ciudad de México. A continuación se describen los elementos administrativos y técnicos que hicieron posible la construcción del proyecto hidroeléctrico La Yesca desarrollado por la Comisión Federal de Electricidad. Finalmente, se hace un análisis somero de las condiciones de riesgos que deben considerarse para financiar, diseñar y construir el nuevo aeropuerto de la ciudad de México.

## **EL PROGRAMA DE CONCESIONES 1989-94 Y EL NUEVO MODELO DE CONCESIONES DE AUTOPISTAS DE PEAJE EN MÉXICO.**

Entre 1989 y 1994 se realizó el programa de construcción de autopistas de peaje más grande de su clase en el mundo mediante concesión al sector privado empleando el modelo BOT: construir, operar y transferir (Building, operate and transfer) debido a diversos errores de instrumentación del programa dos tercios de la red concesionada tuvo que ser rescatada financieramente en 1997 por el gobierno mexicano. A partir de 2003 se implementó el nuevo modelo de concesiones para la construcción de autopistas en colaboración con el sector privado, con este esquema en los últimos diez años se han puesto en operación casi mil kilómetros y se tiene programado construir 2 mil kilómetros adicionales de autopistas de peaje en los próximos cinco años.

La complejidad, tamaño y plazos para ejecutar autopistas de peaje mediante contratos de concesión BOT está asociada a una enorme variedad de posibles riesgos que pueden afectar la recuperación de la inversión y los resultados operativos, económicos y sociales esperados. Generalmente se obtienen mejores beneficios de la provisión privada de infraestructura pública cuando los riesgos de los proyectos se distribuyen adecuadamente entre los sectores público y privado, esta tarea se dificulta debido a la complejidad técnica, jurídica, política y económica de los proyectos de infraestructura. En el programa de autopistas de peaje 1989-94 la mayoría de los riesgos fueron subestimados y asignados a entidades sin los conocimientos, recursos y capacidades para administrarlos con eficacia; mientras que el nuevo modelo de concesiones refleja la experiencia adquirida del anterior programa y de las medidas de reestructuración de los proyectos rescatados ya que los riesgos han sido administrados de mejor manera con resultados aceptables.

Identificación de riesgos. En la Tabla 5 los riesgos identificados en los dos programas de concesión se agrupan por categorías, colocando primero los riesgos de tipo general y después los riesgos relacionados con el proyecto. La evaluación cualitativa para cada uno de los factores de riesgo refleja el cambio en las condiciones imperantes en que se desarrollaron ambos programas.



Categoría/Riesgo	Programa 1989-1994	Nuevo modelo de concesiones
<b>Político</b>		
- Visión del programa	El tamaño excedió la capacidad institucional	Énfasis en el desarrollo adecuado de los proyectos
- Inestabilidad gubernamental	Problemas electorales en 1988	Problemas electorales en 2006
- Expropiación	Problemas en algunos proyectos	Problemas en pocos proyectos
- Oposición	Oposición de partidos políticos	Escasa oposición
<b>Social</b>		
- Sector privado en servicios públicos	Escasa tradición	Aceptación creciente
- Oposición al programa	Importante	Escasa
<b>Legal</b>		
- Cambios en la legislación	Nueva Ley de Caminos en 1993	Nueva Ley de Asociaciones en 2012
- Cambios en los impuestos	Impuestos sobre activos	Aumento de IVA en 1%
- Permisos	Incompletos y con retrasos	Aprobados antes de la construcción
<b>Económico</b>		
- Mercado financiero	Insuficiente y poco desarrollado	Desarrollado
- Inflación	Alta e inestable	Valores controlados a la baja
- Tasa de interés	Alta e inestable	Valores controlados a la baja
- Influencia de otros eventos	Crisis del peso mexicano 1994-1995	Crisis financiera mundial 2008-2009
- Disponibilidad financiera	Sólo de corto plazo	De largo plazo y en otras monedas
- Interés de inversionistas	Empresas constructoras	Constructoras, bancos y operadores
<b>Natural</b>		
- Condiciones geotécnicas	Deficiencias en estudios previos	No ha habido
- Medio ambiente	Se canceló un proyecto	Se modificó el trazo de un proyecto
<b>Planeación</b>		
- Selección de proyectos	Deficiente	Bien estructurada
- Diseño	Diseño incompleto y con retrasos	Se entrega durante la licitación
- Tráfico del proyecto	Garantizado por el gobierno	Estudio detallado del concesionario
- Derecho de vía	Problemas frecuentes de liberación	Liberación antes de la concesión
<b>Construcción</b>		
- Sobrecostos de construcción	Frecuentes	Contratos de precio fijo
- Retrasos	Frecuentes	Sólo durante la crisis financiera
<b>Operación</b>		
- Ingresos de operación	Menores en muchos proyectos	Menores sólo en tres proyectos
- Costos de mantenimiento	Sin problemas importantes	De acuerdo a lo presupuestado
<b>Administración</b>		
- Organización	Adecuada pero sin supervisión	Adecuada
- Experiencia en concesiones	Escasa en sectores público y privado	Amplia
- Distribución de riesgos	Inadecuada	Ha resultado más eficiente
- Distribución de autoridad en la participación	La empresa constructora tuvo un papel más relevante	Funciones por tipo de participante (Inversor, banco, constructor, etc.)

Tabla 5. Evaluación de riesgos en los programas de concesión de autopistas de peaje

Para el programa de concesiones 1989-94 se observan valoraciones principalmente negativas en la mayoría de los factores de riesgo relacionados con el desempeño del país; especialmente la evaluación de los riesgos de tipo económico indicaba la conveniencia de limitar el tamaño del programa, mientras que los factores de riesgo del proyecto muestran las deficiencias de planeación, diseño, construcción y administración del modelo. Aun cuando el nuevo modelo de concesiones muestra una mejor evaluación en los distintos factores de riesgo, el actual programa no ha estado exento de dificultades de instrumentación. La mayoría de ellas se presentaron durante la crisis financiera mundial cuando fue necesario suspender durante tres años los procesos de licitación y los proyectos que ya estaban asignados sufrieron retrasos en la fase de construcción.

Mitigación de riesgos en el nuevo modelo de concesiones. Como consecuencia de las características más importantes del modelo BOT relacionadas con la transferencia de los riesgos de financiamiento, construcción y operación del sector público al sector privado, en la instrumentación de los proyectos del nuevo modelo de concesiones el gobierno mexicano ha reforzado partes del proceso que en el anterior programa ocasionaron fallas significativas. De tal forma que se tiene una estructura de identificación y asignación de riesgos, así como métodos de mitigación en aspectos como: diseño, estudio de tráfico, derecho de vía, tarifas, financiamiento, tasas de interés, inflación e ingresos, entre otros (Tabla 6).

<b>Riesgo identificado</b>	<b>Asignación del riesgo</b>	<b>Método de mitigación</b>
Diseño	Compartido	- SCT entrega el diseño completo - Concesionario es responsable del diseño final
Estudio de tráfico	Concesionario	- SCT entrega el estudio de demanda - Concesionario asume el riesgo de tráfico
Liberación del derecho de vía	Gobierno	- SCT entrega el derecho de vía liberado antes de iniciar la construcción
Financiamiento de la construcción	Compartido	- Capital de riesgo del concesionario y créditos bancarios - Aportación inicial de recursos públicos solamente por solicitud del licitante ganador en su propuesta
Pago de los créditos bancarios	Compartido	- Riesgo del concesionario si no solicita apoyo público - Recursos públicos del gobierno solamente por solicitud del licitante ganador en su propuesta
Construcción del proyecto	Concesionario	- Contrato de plazo fijo garantizado con fianza
Retraso de obra por causas de fuerza mayor	Gobierno	- SCT paga con sus recursos en caso de fuerza mayor
Costo de construcción	Concesionario	- Contrato de precio fijo
Obra adicional fuera de proyecto	Gobierno	- SCT paga con sus recursos en caso de solicitud de obras fuera de proyecto
Costo de construcción subestimado	Gobierno	- Se descalifican las propuestas menores en 15% al presupuesto base de SCT
Tarifa	Compartido	- SCT establece la tarifa promedio máxima - La concesionaria determina tarifas por tipo de vehículo para maximizar el ingreso
Ingresos del proyecto	Concesionario	- Asume el riesgo con sus estudios de demanda
Costos de operación	Concesionario	- Fondos del concesionario y seguros
Costos de mantenimiento	Concesionario	- Fondos del concesionario y seguros
Tasas de interés	Concesionario	- Coberturas y evaluación a largo plazo
Inflación	Gobierno	- Actualización de tarifas de acuerdo con índice de precios
Otros eventos	Gobierno	- Revisión quinquenal de la concesión

Tabla 6. Riesgos y métodos de mitigación en el nuevo modelo de concesiones

## LÍNEA 12 DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

El 8 de agosto de 2007 se presentó de manera oficial ante la población del Distrito Federal el proyecto de la Línea 12 del metro. El 21 de enero de 2008 se convocó a participar en la licitación pública internacional para realizar a través de un proyecto integral que incluye el diseño y la construcción de la obra civil y las instalaciones electromecánicas de la Línea 12 del metro, en principio 23 empre-

sas mexicanas y extranjeras se inscribieron al proceso de licitación. Sin embargo, en la entrega de propuestas solamente participaron 5 de estas empresas mediante la integración de 2 consorcios, los cuales cumplieron con los requisitos legales, administrativos, técnicos y financieros solicitados en la convocatoria y presentaron ofertas económicas para realizar el proyecto (Tabla 7).

Consortio	Importe
Ingenieros Civiles Asociados, CARSO Infraestructura y Construcción y ALSTOM Mexicana	\$19,538,500,000.00
FCC Construcción y Peninsular Compañía Constructora	\$26,340,567,710.00

Tabla 7. Propuestas económicas en la licitación internacional de la Línea 12

Desde la presentación oficial del proyecto por parte de las autoridades del Gobierno del Distrito Federal y el Sistema de Transporte Colectivo, se realizaron diversas modificaciones al mismo, que incluyeron: ruta, cantidad y nombre de estaciones, inicio y terminación de la obra civil, y tipo solución constructiva. De esta forma, la ruta originalmente planteada sufrió diversas modificaciones debido a problemas técnicos y de expropiaciones, el proyecto inicial consideró 23 estaciones, pero 3 de estas estaciones tuvieron que ser canceladas, una por oposición vecinal y las otras dos por recomendaciones del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

El recorrido de la Línea de oriente a poniente, desde Tláhuac hasta Mixcoac, finalmente quedó integrada por 20 estaciones y correspondencia con cuatro líneas. La demanda estimada para el primer año de operación fue de 437 mil pasajeros por día; sin embargo, en el año 2103 la afluencia total fue de 91'982,732 pasajeros que representa un promedio diario de 252 mil pasajeros, esto es 42% menos de los originalmente estimados.

El trazo de más de 24 km que originalmente se planteó como una solución de tipo subterráneo fue modificado para finalmente construir una vía de longitud total de 24.475 km con las siguientes soluciones constructivas del proyecto en sentido oriente a poniente: 2.834 km en modo superficial, 12.068 km en viaducto elevado, 2.807 km en cajón subterráneo y 6.766 km en túnel profundo.

Con respecto a los plazos de ejecución se manejaron inicialmente las fechas: 10 de junio de 2008 para inicio y 31 de diciembre de 2010 para terminación del tramo Tláhuac-Atlalilco; y 31 de diciembre de 2011 para terminación del tramo Atlalilco-Mixcoac. En la fecha de fallo del contrato se estableció un plazo de 1,277 días calendario con fecha de inicio el 3 de julio de 2008 y de terminación el 31 de diciembre de 2011. No obstante, la obra comenzó de manera oficial el 31 de octubre de 2008 y se inauguró cuatro años después el 30 de octubre de 2012, 1,460 días naturales, es decir seis meses adicionales al plazo original.

El importe del contrato original fue de 17,583.5 millones de pesos, aunque en otras fuentes se manejan cifras diferentes. El contrato principal fue adjudicado mediante licitación pública a través de un contrato a precio alzado, no forman parte de este contrato los trabajos de supervisión, certificación, obras complementarias y obras adicionales (Tabla 8).

	Costo (Millones de pesos)	
Contrato principal (Obra civil y electromecánica)	17,522.01	17,583,5
Asesoría y supervisión	1,141.50	
Obras complementarias	2,080.87	
Obras adicionales	1,059.24	
<b>Total</b>	<b>21,803.62<sup>a</sup></b>	<sup>b</sup> <b>20,370.2<sup>c</sup></b>

Tabla 8. Costo de construcción de la Línea 12 del metro  
 a: La verdad de la Línea 12 del metro  
 b: InfoDF, Instituto de acceso a la información pública del D.F.  
 c: Indicador consultores

El monto de la contratación de los servicios de las empresas supervisoras y de certificación ascendió a 1,141.5 millones de pesos. Las obras adicionales (1,059 millones de pesos) se requieren para dejar la infraestructura pública (drenaje, líneas eléctricas, tuberías y pavimentos, entre otros) en condiciones adecuadas de funcionamiento; mientras que las obras complementarias (2,080 millones de pesos) son necesarias para mejorar el acceso a las estaciones (puentes, rampas y escaleras eléctricas) y optimizar la operación integral del proyecto (paraderos, estacionamientos y guarderías).

Para decidir la tecnología del material rodante más adecuado al proyecto de la Línea 12 del metro, el Sistema de Transporte Colectivo (STC) formó una comisión interna que dictaminó en septiembre de 2007 que las tecnologías de trenes con ruedas neumáticas y con ruedas de acero eran técnicamente solventes y con altos niveles de seguridad, fiabilidad, mantenibilidad y operatividad para el proyecto. Acorde a un análisis financiero de tecnología neumática, se concluyó que la inversión, el costo en mantenimiento, el desarrollo tecnológico y acceso a refacciones se incrementa en comparación a la tecnología de rueda de acero. Con base en lo anterior en octubre de 2009 por invitación del STC se recibieron 6 propuestas económicas de 6 empresas extranjeras fabricantes de trenes. En diciembre de ese mismo año se toma la decisión de adjudicar directamente a la empresa española CAF el contrato de Proyecto de Prestación de Servicios (PPS).

El 31 de mayo de 2010, el STC firmó el contrato de servicios con la empresa CAF por 30 trenes nuevos (integrados por 7 coches de rodadura férrea) y los servicios de mantenimiento, equipamiento, refacciones y readecuación de los talleres por mil 588 millones de dólares, esto es 18 mil millones de pesos a pagarse en un plazo de 15 años a razón de 100 millones de pesos mensuales. El pago mensual del servicio incluye el mantenimiento preventivo y correctivo de los trenes, reparación y reemplazo sin costo de los componentes y sistemas que sufran daño, deterioro, falla o problemas de cualquier naturaleza. CAF está obligada a mantener al 100% los trenes durante los 15 años del contrato, al término del plazo pasan a la propiedad del STC sin costo adicional alguno.

Sin embargo, 17 meses después de su inauguración, el 11 de marzo de 2014, el servicio de pasajeros de la Línea fue suspendido de manera indefinida en 11 de sus 20 estaciones, desde la estación terminal Tláhuac hasta la estación Atlalilco debido a una falla estructural de la vía. Desde entonces, los distintos participantes en el proyecto y las autoridades del Distrito Federal han tratado de encontrar la mejor solución al problema para que la Línea 12 funcione adecuadamente en su totalidad.

Asimismo, se han señalado algunos aspectos sobre las decisiones que se tomaron en su momento, como: la conveniencia de haber elegido trenes de ruedas neumáticas en lugar de férreas.

En este contexto, el 4 de septiembre de 2014 las empresas francesas Systra y TSO entregaron el informe final de las fallas donde se explica que errores en la planeación, diseño, construcción y operación de la Línea 12 del Metro fueron las causantes de que se suspendiera la operación. Sin embargo, el punto vital por el cual se presenta el desgaste ondulatorio en las vías es por la incompatibilidad entre la rueda metálica de los trenes y la vía férrea instalada, el informe cita textualmente... ***“El origen del problema no parece ser un defecto de los materiales (excepto el balasto), sino un problema muy delicado de compatibilidad a nivel de la interfaz riel/rueda donde se tiene un riel que responde al estándar Arema y una rueda fabricada bajo estándares europeos. Además esta interfaz riel/rueda es delicada dado que el sistema de vía férrea es por concepción el de un metro mientras tanto el material rodante tiene más características de tren suburbano. Por fin, el problema fue agravado por un sistema de lubricación embarcado en los trenes que presenta deficiencias de funcionamiento...”*** (SYSTRA, 2014).

De esta forma, aunque en el proyecto de la Línea 12 del metro se cometieron diversos errores y omisiones que en principio parecen involuntarios, la causa de que se presenten fallas en el funcionamiento del proyecto es haber separado el diseño y construcción de la infraestructura de la selección del sistema tecnológico del tren; por lo que se considera una deficiencia en el tratamiento de un riesgo de tipo técnico que es de vital importancia en la operación de sistemas de transporte ferroviarios.

## PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA YESCA

Esta presa tiene una cortina de 206 m de altura y genera 750 megawatts (MW), representa 6.27% de la capacidad instalada de las centrales hidroeléctricas y 1.87% de la capacidad eléctrica del país, tomando en cuenta que existen 188 centrales de distintas fuentes de generación. El proyecto está compuesto por dos partes principales: las obras civiles y las obras electromecánicas. Las obras civiles están subdivididas por cuatro frentes de construcción: obras de desvío, obras de contención, obras de generación y obras de excedencias; mientras que las obras electromecánicas se componen de casa de máquinas, compuertas del vertedor y compuertas en obra de toma.

La presa La Yesca forma parte del sistema hidrológico del río Santiago, el cual comprende a 27 proyectos que en conjunto representan un potencial hidroenergético de 4,300 MW, del cual se ha desarrollado alrededor del 35%. Dicho proyecto forma parte del aprovechamiento en cascada del río Santiago y se prevé que tenga una generación media anual de 1,210 gigawatts por hora (GWh); ubicándose entre la presa Santa Rosa y El Cajón, con su construcción se propicia un embalse que permitirá incrementar la generación media anual de El Cajón en 112 GWh y 82 GWh en Aguamilpa

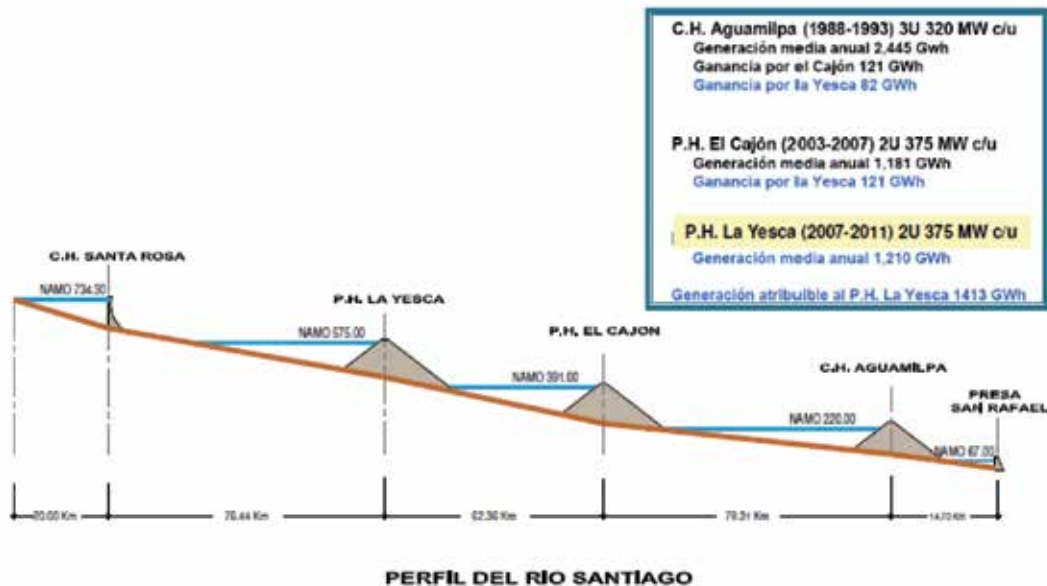


Figura 2. Proyectos en el Río Santiago

(Figura 2).

El 27 de febrero de 2007 fue emitida la licitación pública internacional por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para "Adjudicación de un Contrato Mixto de Obra Pública Financiada para la Construcción de las Obras Civiles y Obras Electromecánicas del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca", las bases fueron adquiridas por 17 diferentes empresas, 5 de ellas extranjeras. El 7 de agosto se recibieron tres propuestas en las que participaron en consorcio 5 de las que adquirieron las bases de licitación, los importes aparecen en la Tabla 9:

Consorcio	Importe (Millones de dólares)		
	Precio alzado	Precios unitarios	Total
Impregilo, S.p.A. / Techint, S.A. / Prourbe del Bajío, S.A. / Proyecto la Yesca, S.A.	743'242,425.97	112'742,841.42	855'985,267.39
Ingenieros Civiles Asociados, S.A. / Promotora e Inversora Adisa, S.A. / La Peninsular S.A.	645'689,293.16	121'977,706.84	767'667,000.00
Promotora del Desarrollo de América Latina, S.A.	684'046.206.99	124'132,843.76	808'179,050.75

Tabla 9. Propuestas económicas licitación pública de La Yesca

La CFE estableció que las tres propuestas presentadas reunieron las condiciones legales, técnicas, económicas y financieras requeridas por las bases de licitación, por lo que se emitió el fallo a favor del consorcio encabezado por la empresa Ingenieros Civiles Asociados, S.A. por un importe total de 767.667 millones de dólares. Finalmente el 21 de septiembre de 2007 fue firmado el Contrato Mixto

de Obra Pública Financiada por la Comisión Federal de Electricidad y el licitante ganador del proceso de Licitación para la obra de La Yesca.

La Obra Pública Financiada (OPF) es una alternativa que emplea la CFE para desarrollar infraestructura para la generación, transmisión y transformación de energía eléctrica con financiamiento privado de largo plazo, cuyo impacto y registro presupuestario se difiere en el gasto público, sus características más importantes son: el pago al contratista se realiza cuando el proyecto esté en condiciones de generar los recursos suficientes para su amortización; la contratación se realiza por licitación pública bajo la modalidad de precio alzado o mixto; la ejecución de las obras se hace de conformidad con las especificaciones contenidas en las convocatorias y en la proposición del licitante ganador; la construcción de las instalaciones y la obtención del financiamiento, son responsabilidad exclusiva del contratista; durante la etapa de construcción el contratista no recibe pago alguno; el pago al contratista está condicionado a que la CFE otorgue el certificado de aceptación provisional y a la terminación total de las instalaciones; y, la CFE recibe los activos en propiedad, pagando al contratista el precio del contrato, haciéndose cargo la CFE de su operación, administración y usufructo. En la tabla 10 se presentan el monto original y modificado, así como las fechas más representativas del contrato de obra pública financiada para la construcción del proyecto hidroeléctrico de La Yesca (UNAM, 2012).

Concepto	Original	Final	
<b>Importe del contrato (Dólares)</b>		<b>Incremento</b>	<b>Total</b>
A precios unitarios	121'977,707	29'535,041	151'512,748
A precio alzado	645'689,293	-	645'689,293
<b>Total</b>	<b>767'667,000</b>		<b>797'202,041</b>
Período de ejecución	27 sep 07 a 11 jun 12	27 sep 07 a 22 dic 12	
Fecha de aceptación provisional 1ª. Unidad	1 ene 12	13 oct 12	
Fecha de aceptación provisional 2ª. Unidad	2 abr 12	26 nov 12	
Fecha de terminación	11 jun 12	22 dic 12	
Plazo de ejecución	1,729 días calendario	1,914 días calendario (194 días de ampliación)	

Tabla 10. Datos principales del contrato de la obra pública financiada de La Yesca

La construcción de proyectos hidroeléctricos enfrentan numerosos tipos de riesgos, los más relevantes están relacionados con los sobrecostos, el retraso en los tiempos de construcción y las características técnicas. La Yesca tuvo un incremento en costo de 24.2% en la parte del contrato a precios unitarios y de solamente 3.8% en el costo total de la obra, el retraso en tiempo fue de 194 días calendario o 10.7% con respecto al plazo original y enfrento un problema geológico de grandes dimensiones debido a la presentación de un sistema de fallas en la margen izquierda de la cortina, cuya solución general obligó el giro del eje de la cortina en 14°, la colocación de un monolito de concreto de 110 mil metros cúbicos de concreto y la construcción de 2 túneles de desvío y lumbre-

ras de cortante (Vázquez et. al., 2012).

### NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO (NAICM)

El 3 de septiembre de 2014 el Gobierno Federal anunció la construcción de un nuevo aeropuerto internacional en la Ciudad de México, la primera etapa considera la construcción de tres pistas con capacidad de 50 millones de pasajeros al año, se prevé el inicio de operaciones en 2018; el proyecto final contará con seis pistas con una capacidad de transportación de 120 millones de pasajeros al año, que representa cuatro veces más de los pasajeros transportados en el actual aeropuerto.

El proyecto se ubicará en un terreno de propiedad federal de 4,430 hectáreas de superficie, se estima una inversión total de 169 mil millones de pesos, de los que 98 mil millones se canalizarán a través del presupuesto de egresos de la federación y 71 mil millones provenientes de créditos que serán pagados con los ingresos del actual y del futuro aeropuerto (Tabla 11).

Concepto	Importe (Millones de pesos)	%
Obras sociales (Hospitales, escuelas y espacios públicos)	4,700	2.8%
Obras hidráulicas (Lagunas, túneles y canales)	16,400	9.7%
Diseño, ingeniería y gestión del proyecto	20,500	12.1%
Nuevo aeropuerto (Terminal, torre de control y pistas)	127,400	75.4%
<b>Total</b>	<b>169,000</b>	<b>100.0%</b>

Tabla 11. Inversiones del nuevo aeropuerto de la ciudad de México

El Gobierno Federal, en coordinación con los Gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, ha establecido un plan integral que comprende el desarrollo urbano, ambiental, económico y social del área de influencia del nuevo aeropuerto. El nuevo aeropuerto será diseñado conforme a las nuevas tecnología de la edificación sustentable mediante el empleo de energías de fuentes renovables, tecnologías para uso eficiente del agua y sistemas de aire acondicionado de bajo consumo de energía.

En materia hidráulica, el proyecto considera diferentes tipos de obras. Se triplicará la capacidad de regulación de la zona hasta 38 millones de metros cúbicos, limitando el riesgo de inundaciones; además, se construirán 24 plantas de tratamiento de agua y se entubarán 25 km de drenajes a cielo abierto para reducir los riesgos sanitarios y malos olores e incrementar la oferta de agua limpia en la zona. En el rubro ambiental, el proyecto busca la regeneración ecológica de la zona mediante la creación de nuevas áreas verdes, entre las que destaca el Bosque Metropolitano en un área de 670 hectáreas. También, se acondicionarán nuevos humedales para proteger la biodiversidad y se reducirá la población afectada por los altos niveles de ruido. Para solucionar la conectividad y la movilidad de la zona del proyecto se tiene considerada la construcción y modernización de once diferentes vías de comunicación que en conjunto suman 190.4 km, así como el mejoramiento de 12 intersecciones de acceso al nuevo aeropuerto.



La experiencia internacional en grandes proyectos de infraestructura ha mostrado sobrecostos y atrasos recurrentes en la fase de construcción, por ejemplo: en un análisis de 53 proyectos se determinó un sobrecosto promedio de 35.8% y atrasos de hasta 19 meses, en obras relacionadas con transporte terrestre, agua y saneamiento, electricidad e hidrocarburos (Reforma, 2014). La experiencia muestra que los factores de riesgo están asociados con las complejidades técnicas propias de los proyectos, la coordinación entre las entidades involucradas, la situación política y social de la zona y la insuficiencia de recursos financieros para ejecutar obras.

Es por esto que el gobierno federal y los responsables de la planeación y ejecución del nuevo aeropuerto tienen un gran reto por delante, deben cumplir de manera rigurosa con el seguimiento de cada una de las partes de la obra y coordinarlas de forma eficiente para hacer que la construcción se cumpla en tiempo y forma. Se requerirá de la participación coordinada de todos los órdenes de gobierno y los diversos actores sociales y económicos como: ejidatarios, aerolíneas, sindicatos y grupos ambientales, entre otros.

El equipo coordinador del proyecto deberá integrar especialistas en diversas áreas, ya que se presentarán múltiples desafíos de coordinación, retos técnicos como las obras de rescate hidráulico, la estabilización de suelos y retos sociales por la problemática que genera su ubicación en la zona del Lago de Texcoco.

Las tareas para hacer del aeropuerto una realidad son muchas, son complejas y generan preguntas adicionales a la certeza del cumplimiento de fechas y presupuestos: ¿cómo se articulará con los proyectos urbanos e interurbanos de transporte? ¿Qué sucederá con el aeropuerto actual? ¿Qué pasará con los aeropuertos de Cuernavaca, Toluca, Puebla y Querétaro concebidos para desconcentrar las operaciones?

Debido a las características y magnitud de las obras necesarias para desarrollar el nuevo aeropuerto se percibe que los riesgos más importantes que podrían presentarse son: de tipo administrativo, falta de coordinación y deficiencias en la contratación; de tipo técnico, errores en las actividades de planeación, diseño e ingeniería, mala calidad y retrasos de obra; de tipo económico y financiero, insuficiencia de recursos, sobrecostos de construcción, volatilidad del tipo de cambio, aumento de tasas de interés y baja demanda del proyecto.

## CONCLUSIONES

México muestra déficit de infraestructura y servicios públicos que se manifiesta en el estancamiento de la competitividad del país, para solucionar esta situación las administraciones federales han instrumentado diversos programas de infraestructura, en los cuales se han canalizado inversiones públicas importantes cuyo monto representa porcentajes crecientes con respecto al Producto Interno Bruto (PIB).

La inversión pública destinada a infraestructura está constituida por obras de diferente importan-

cia y tamaño en los sectores de la energía, comunicaciones y transportes, agua y saneamiento y protección al ambiente. Los resultados de estas obras respecto a su calidad, costos de construcción y tiempos de ejecución son variados, muchos proyectos se han ejecutado dentro de los plazos, presupuestos y especificaciones previamente estipuladas; sin embargo, existen evidencias de obras donde se han presentado desviaciones importantes en tiempo, costo y calidad, particularmente obras grandes en términos de complejidad, tamaño e inversión.

La mayoría de estas desviaciones pueden ser evitadas, eliminadas o transferidas mediante técnicas de administración de riesgos, las cuales ayudan a asignar los riesgos de las grandes obras de infraestructura al participante mejor preparado para enfrentarlo. Las fallas en la predicción de riesgos conducen a significativas e innecesarias pérdidas en los objetivos del proyecto, por lo que es recomendable una gestión de riesgos suficientemente responsable. La mayor incertidumbre sobre un proyecto se tiene durante su fase de planeación y diseño, razón por la que las decisiones tomadas en esa etapa tienen una influencia considerable en su alcance, calidad, tiempo y costo.

El presente trabajo muestra por medio de cuatro ejemplos diferentes las estrategias de respuesta a las diferentes categorías de riesgos que deben desafiar las obras de infraestructura. Los mecanismos de asignación de riesgos son variados: empleo de contratos de diseño y construcción a precios fijo, financiamiento por medio del inversionista privado o por el constructor, riesgo de demanda asumida por el promotor o coberturas de tipos de cambio y tasas de interés con instituciones financieras. En todo caso, el propósito principal es que los proyectos se terminen en condiciones de tiempo y costo razonables, y con las especificaciones de calidad y funcionamiento originalmente establecidas.

## BIBLIOGRAFÍA

*Aschauer, D. A., (1989), Is Public Expenditure Productive?, Journal of Monetary Economics, vol. 23-2, pp. 177-200.*

*Barrie, D., Paulson, B., "Professional Construction Management", Mc Graw-Hill (1992).*

*Grimsey, D. and Lewis, M. K. (2002), Evaluating the risks of public private partnerships for infrastructure projects, International Journal of Project Management 20, pp. 107-118.*

*Noriega, A., y Fontenla, M., (2007), La infraestructura y el crecimiento económico en México, El Trimestre Económico, vol. LXXIV (4), núm. 296, octubre-diciembre de 2007, pp. 885-900.*

*Presidencia de la República, (2014), 2º. Informe de Gobierno, México*

*Presidencia de la República, (2014), Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018, México*

*Pricewaterhouse Coopers México, (2013), Administración de riesgos y control de programas de construc-*

*ción en megaproyectos*

*Reforma, (2014), "Tardan obras y salen caras", México, 27 de junio*

*Rodríguez, M., (2007), La problemática del riesgo en los proyectos de infraestructura y en los contratos internacionales de construcción, Revist@ e-Mercatoria Volumen 6, Número 1*

*Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Ingeniería, (2012), Informe técnico - Proyecto hidroeléctrico La Yesca*

*Vázquez, A., Dávila, M., Acosta, R., Sánchez, J., (2012), La importancia de la exploración geológica y geofísica en los costos de construcción de presas hidroeléctricas. ejemplos comparativos en México*

*Wideman, M., (1996), Risk management: A guide to managing project risks and opportunities, Project Management Institute, USA*

*World Bank (1994), World Development Report 1994 - Infrastructure for Development, Washington, D.C., USA.*

*World Economic Forum, (2013), The Global Competitiveness Report 2013-2014, Geneva, Switzerland.*



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Consideraciones para el  
rendimiento de la  
maquinaria en el  
túnel emisor  
oriente (México)**

**Dr. Víctor Jiménez Argüelles  
Mtro. Luis Antonio Rocha Chiu  
Mtra. Imelda Loera Espinoza  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA-ITESM**



## Consideraciones para el rendimiento de la maquinaria en el túnel emisor oriente (México)

**Dr. Víctor Jiménez Argüelles**

jiav68@yahoo.com.mx

**Mtro. Luis Antonio Rocha Chiu**

rcla@correo.azc.uam.mx

**Mtra. Imelda Loera Espinoza**

iloera@itesm.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA / ITESM Monterrey

### ABSTRACT

In large projects, as it is the case of the TEO tunnel in Mexico, considered one of the 5 largest investment projects worldwide with an initial investment of \$9,600 million pesos, it is imperative that analyzed the factors that determine the progress of the works in order to comply with the agreed delivery times. When to use machinery is of enormous dimensions (8.9 m in diameter and approximately 100 m in length) is required of a gigantic force to push and a system of rotation for the cut of the material, which implies the intervention of an infinite number of mechanical components and logistics for its proper operation. In this paper, are analyzed the factors and circumstances by which TEO project presents a huge delay in programmed dates, namely, with the beginning of activities in October 2008 and date of completion scheduled for December 2014, has been modified to December of 2018.

### KEYWORDS

Prestation, tunnels, machines, excavator, shafts

## **RESUMEN**

En los grandes proyectos, como es el caso del Túnel Emisor Oriente, considerado como uno de los 5 proyectos de mayor inversión a nivel mundial con una inversión inicial de \$9,600 millones de pesos, es imprescindible que se analicen los factores que determinan el avance de los trabajos para poder cumplir con los tiempos de entrega pactados. Cuando la maquinaria a utilizar es de enormes dimensiones (8.9 m de diámetro y aproximadamente 100 m de longitud) se requiere de una gigantesca fuerza de empuje y un sistema de rotación para el corte del material, lo cual implica la intervención de una infinidad de componentes mecánicos y de una logística para su adecuada operación. En este trabajo, analizan los factores y circunstancias por las cuales el proyecto TEO presenta un retraso enorme en las fechas de entrega, a saber, con inicio de actividades en octubre del 2008 y fecha de terminación programada para diciembre del 2014, se ha modificado para diciembre del 2018.

## **PALABRAS CLAVE**

Prestación, túneles, maquinaria, excavadoras, ejes



## **INTRODUCCIÓN**

En los últimos años del siglo XX y principios del siglo XXI, se ha llevado a cabo la construcción de túneles de base que pulverizaban todos los récords y que atravesaban cordilleras enteras, como los túneles de base de Lötschberg, San Gotardo y Ceneri en Suiza, los túneles de Guadarrama y Pajares en España, el túnel de Brenner entre Austria e Italia, el túnel de Lyon-Turín entre Francia e Italia, etc. Todos estos túneles, con longitudes de hasta 50 km y profundidades de varios miles de metros, han llevado la tecnología de la construcción mecanizada a unos niveles increíbles, una tecnología que se aplica en durísimas condiciones de compresión, lajamiento, rotura de rocas, presión hidráulica y grandes tensiones en los macizos rocosos. El futuro nos depara aún grandes proezas de ingeniería en el campo de los túneles.

La construcción de túneles ha significado desde siempre un gran reto, que se ha vencido gracias a la valiosa recompensa que se obtiene. Muchos de los ejemplos de túneles que desde el remoto pasado han permitido extraer valiosos minerales del interior de la tierra, conducir agua potable por regiones áridas hasta centros de población, retirar de las ciudades las aguas servidas y de lluvia, etc.

## **OBJETIVO GENERAL**

Analizar el proceso de excavación que se está llevando a cabo durante la construcción del Túnel Emisor Oriente, con el uso de 6 máquinas tuneladoras tipo EPB.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO**

Analizar los factores y situaciones que han influido para que la maquinaria de excavación este pro-piciando al momento un retraso de aproximadamente el 50%.

## **PROBLEMÁTICA**

En el proyecto de construcción del Túnel Emisor Oriente se optó por el uso de máquinas excavadoras que hacen que la construcción dependa casi en su totalidad de la eficacia de las mismas, por lo que el enorme retraso que se tiene al momento, es debido al bajo rendimiento de dichas máquinas.

## **CLASIFICACIÓN DE TÚNELES**

Los túneles, entendidos como pasos subterráneos, pueden clasificarse y agruparse de muy diversas formas, según el propósito que se persiga. De acuerdo con su uso pueden clasificarse en túneles para el tráfico de personas, a pie o en vehículos, para el transporte de bienes y mercancías, para conducción de agua potable o su eliminación, para extracción de minerales y para usos militares. De

esta manera los túneles pueden agruparse en las siguientes categorías:

- Túneles de Tránsito. Por ejemplo túneles ferroviarios, túneles carreteros, túneles peatonales, túneles para la navegación, túneles para metro.
- Túneles de Conducción. Por ejemplo: túneles hidroeléctricos, túneles de conducción de agua potable, túneles para instalaciones públicas (teléfonos, conducción eléctrica, conducción de gas combustible, etc.), túneles para drenaje.

Desde un punto de vista puramente geotécnico, es usual que los túneles se agrupen en tres grandes categorías:

- a) Los túneles en roca sana, que no requieren soporte temporal aunque se revistan por razones funcionales.
- b) Los túneles en rocas suaves, que requieren de sistemas de soporte sustanciales para garantizar su permanencia por un periodo igual o mayor a su vida útil.
- c) Los túneles en suelos, duros o blandos, cuya excavación requiere de complicados sistemas que provean soporte inmediato o aun simultaneo a la excavación.

## FACTORES A CONSIDERAR PARA EL RENDIMIENTO DE LA MAQUINARIA

Se define como rendimiento o producción a la cantidad de trabajo que se realiza en la unidad de tiempo. En otras palabras, es el volumen de material trabajado por hora (excavado, transportado, compactado, etc.), medido según la especificación.

Métodos para conocer el rendimiento de la maquinaria de construcción:

- a) *Por observación directa.* Es la medición física de los volúmenes de materiales movidos durante la unidad de tiempo, generalmente la hora.
- b) *Por medio de reglas o fórmulas.* Se calcula la cantidad de material que se mueve en cada ciclo y se multiplica por los ciclos que se realizan en una hora.
- c) *Por medio de tablas proporcionadas por el fabricante.* Los fabricantes cuentan con manuales donde proporcionan los rendimientos teóricos para determinadas condiciones de trabajo. Para tal efecto, se deberá tomar en cuenta que generalmente se basan en un 100% de eficiencia, es decir que la maquinaria se pone a trabajar en condiciones ideales donde se pueda desarrollar su máxima capacidad. También proporcionan tablas de ajuste por el material, operador, altitud, giro, etc. Independientemente de los rendimientos indicados por el fabricante (manuales de rendimiento) de equipo, cualquiera que sea su marca y tipo, siempre deben obtenerse rendimientos prácticos en el terreno de operación, que permitirán al contratista confirmar su rendimiento y costo de operación.

## FACTORES GENERALES Y DE INGENIERÍA

- Abundamiento. Es la propiedad física que presentan los materiales como la tierra, de expandirse al ser removido de su estado natural o de reposo por medios normales o mecánicos. Es importante considerar que los porcentajes de abundamiento de los materiales pueden tener variaciones en su abundamiento, desde un 5% para las arenas hasta un 80% en las rocas.
- Enjutamiento. Es aquel que indica la relación en porcentaje de un material al pasar de un estado suelto a compacto.
- Efecto por pendiente. Debido a la fuerza de gravedad que actúa sobre la maquinaria, la inclinación del terreno ofrece resistencia a su movimiento en ascenso. Al descender la fuerza de gravedad hace que la pendiente sea de tipo favorable, y aquí entonces el problema principal resulta ser el frenado.
- Factor de operación. Un operador con experiencia, trabajando en condiciones apropiadas y utilizando una máquina moderna y bien equipada constituye un equipo de operador-máquina que puede obtener la máxima producción
- Factores climatológicos. Que consisten en todas aquellas situaciones desfavorables derivadas de las inclemencias del tiempo, principalmente altas temperaturas, bajas temperaturas y lluvias.
- Efecto por altura. Cuando la máquina deba trabajar a elevadas alturas, esto ocasionará que la potencia se vea mermada ya que los motores de combustión interna requieren del oxígeno del aire, y a mayor altura, menor es la presencia de oxígeno.

## ESTUDIOS DE CAMPO Y GABINETE DEL SUBSUELO

En cualquier proyecto donde se tenga la necesidad de manipular el subsuelo, es imprescindible conocer las características y propiedades de los diferentes materiales que lo constituyen. Por tal motivo, se requerirá de:

- Determinar el perfil estratigráfico del trayecto del túnel, con definición litológica y tectónica del terreno atravesado, en especial: fallas y contactos mecánicos, zonas tectónicas, zonas alteradas, corrimientos. Al respecto, se debe prestar especial atención a las fallas activas en zonas con riesgo sísmico, analizando las posibles soluciones (cambio de trazado, dispositivos de absorción de desplazamientos, etc.).
- Caracterización geotécnica cuantitativa que debe comprender, al menos, la determinación de los parámetros correspondientes a resistencia y deformabilidad, permeabilidad, alterabilidad y capacidad de expansión.
- Recomendaciones sobre tipos de sostenimiento a adoptar para los distintos sectores establecidos, tanto provisionales, con objeto de proteger a los trabajadores, como definitivos.
- Problemática previsible durante la excavación (estabilidad, filtraciones de agua, presencia de líquidos o gases, etc.)

Además, se deberán efectuarán estudios hidrogeológicos para conocer, las siguientes facetas:

- Establecimiento del o de los niveles freáticos y su eventual variación estacional.

- Existencia de fuentes, manantiales, captaciones de agua, etc., que puedan influir en el túnel, o ser influidos por éste.
- Permeabilidad o transmisividad de los diferentes terrenos que pudieran ejercer su influjo en los aportes de agua al túnel durante la vida de la obra.
- Factores que influyen en la elección del drenaje o impermeabilización del túnel.
- Influjo del eventual drenaje del túnel en la posible variación de las condiciones hidráulicas de los niveles freáticos, afloramientos o aprovechamientos.
- Posibilidad de que el túnel suponga una barrera total o parcial a las corrientes subálveas naturales, y la correspondiente variación.

Cuando el túnel se realice en zonas urbanas se analizará además una serie de factores como:

- Condiciones de los edificios colindantes o del entorno.
- Instalaciones de Servicio Público (agua, gas, electricidad).
- Red de colectores de la zona.
- Ubicación de viales (anchura, número, densidad de circulación de vehículos y/o peatones, etc.).

Los estudios de campo que son más comunes para estos fines son:

- Estudios por medio de pozos a cielo abierto para extracción de muestras alteradas o inalteradas
- Extracción de muestras por medio de perforaciones
- Método de penetración estándar
- Método por penetración cónica
- Métodos geosísmicos
- Métodos de resistencia eléctrica
- Métodos magnéticos y gravimétricos

Para el caso particular del Proyecto TEO, se determinó que para la geología:

El Proyecto estará situado en el Valle de México. La zona es de origen lacustre y está rodeada por cadenas montañosas de origen volcánico. El terreno consiste fundamentalmente en arcillas hasta los 80 m de profundidad, estando el nivel freático únicamente de 2 a 3 m por debajo de la superficie. El terreno presenta inclusiones de bolos de roca de hasta 600 mm de diámetro. La complejidad del terreno hizo que éste se determinara como de muy dificultosa excavación durante muchos años. A pesar de ello, el principal colector de México D.F., el Emisor Central, fue excavado a mano en 1964 a una profundidad de unos 100 m, sentando las bases para proyectos futuros de construcción subterránea.

## DISEÑO DE LAS MAQUINAS

De manera general, el diseño de las maquinas tuneladoras se rige por los siguientes puntos:

- Diámetro del túnel a excavar
- Tipo de suelo
  - a) Suelos blandos
  - b) Suelos duros
- Presiones hidrostáticas (presencia de agua)
- Profundidad a la que se realizaran los trabajos
- Longitud del túnel
- La economía
- La seguridad

De manera muy particular, las máquinas tuneladoras EPB están diseñadas para excavar suelos cohesivos con alta porción de arcilla, barro o limo, los cuales acusan una baja permeabilidad de agua.

Para el Proyecto TEO, tuneladoras se diseñaron especialmente para acometer las muy difíciles condiciones geológicas esperadas. Estas se revelaron aún más complicadas ante los resultados de la excavación de pozos en 2009 y 2010, que hicieron que se modificasen diversas características de los equipos. Las máquinas se equiparon con cabezas de corte para terrenos mixtos, preparadas para el montaje de herramientas de corte desde su parte trasera, e insertos de carburo para abordar situaciones de terreno mixto. Las máquinas llevan instalados transportadores si fin de tipo de guirnalda, preparados para gestionar la evacuación de rocas de tamaño grande. Se instalaron cámaras de vacío rediseñadas en las tuneladoras para adecuarlas a las altas presiones de agua y se mejoraron los sistemas de detección de desgastes para asegurar un rendimiento óptimo. Se emplean cintas continuas Robbins detrás de cada tuneladoras, minimizando retrasos en la evacuación de escombros. Dichas cintas continuas junto con las verticales de pozo se instalan cuando las tuneladoras han perforado 150 m desde su posición inicial.

Datos importantes de las maquinas tuneladoras usadas en el TEO:

- Cabeza cortadora diámetro = 8.74 m
- Longitud total = 95 m
- Peso total = 960 ton
- Precio: 17.5 millones de dólares
- 10 motores eléctricos de 160 kv
- 28 gatos hidráulicos (12,000 ton de empuje c/u)



Figura 1. Montaje preliminar de la tuneladora TBM

### LOGÍSTICA PARA EL TRASLADO AL SITIO DE LA OBRA

Para el caso específico de las tuneladoras usadas en el Proyecto TEO, el traslado tuvo que realizarse desde Estados Unidos para las 3 que fueron construidas por Robbins y desde Alemania para las 3 que se fabricaron por Herrenknecht (HK). En ambos casos se requirió del traslado tanto por tierra como por mar.



Figura 2. Traslado de rueda de corte por carretera (izq.) y su descenso a piso de lumbrera (der.)

Es necesario considerar que este tipo de máquinas requiere de una infinidad de piezas y además que son de dimensiones descomunales, lo que dificulta su traslado hacia el lugar donde habrá que operar. Por supuesto, la maquina no puede ser trasladada de manera completa ya ensamblada.

Para tal efecto, debe considerarse el tiempo necesario para la fabricación de la misma máquina, que en promedio puede estimarse en un año y el traslado que puede tardar hasta meses dependiendo de la distancia y de las gestiones administrativas necesarias.

## COMPONENTES PRINCIPALES Y SU MONTAJE

De forma general, la TBM (Escudos de presión de tierra) está conformada longitudinalmente por: la cabeza de corte, el escudo (secciones A y B), el faldón y 6 “gantries” (estructuras tipo vagón) en los cuales se incorporan los equipos y herramientas necesarias para su operación.

**Cabeza de corte:** con un diámetro de excavación de 8.93 m, está conformado por 6 brazos en los que están integrados 5 herramientas de corte cada uno. Las herramientas de corte son especialmente 2 tipos, cuchillas especiales para suelo y, discos de corte sencillos y dobles para roca; en el inicio de la excavación la cabeza requiere en su centro una cuchilla de acero de gran tamaño para facilitar la penetración del suelo, la cual posteriormente será sustituida por discos dobles. La cabeza de corte se acciona por motores eléctricos (1900 kW) con velocidad variable. Su velocidad máxima de giro es de 3 rpm y tiene un torque máximo de 14,916 kNm.

**Escudo (seccion a y b):** Unión Rotaria: Es el paso rotatorio por donde se realiza la inyección de los agentes espumantes, polímeros y grasas al frente de la excavación, esto con el fin de controlar la lubricación de las herramientas de corte y mejorar la consistencia del material excavado.



Figura 3. Vista en planta del escudo ya en piso de lumbrera (izq.) y descenso de tornillo sin fin (der.)

**Cámara de Excavación:** Es el área en donde se contiene el material que va cortando la cabeza de corte, aquí se lleva a cabo el equilibrio de presiones de tierra, mediante el suministro de aire comprimido por medio de válvulas y reguladores de aire.

**Tornillo sin Fin:** El tornillo sin fin de aproximadamente 13.7m de longitud, está conformado por dos secciones, la nº1 con 18 espirales que giran sin un eje interno y la nº2 con 21 espirales que giran unidos a un eje interno. El tornillo sirve para extraer de la cámara de excavación el material que ha sido cortado por la cabeza y es trasladado hasta la banda transportadora. La sección del tornillo sin eje permite la entrada de boleos y a lo largo de esta sección se localizan 2 compuertas por las que se pueden retirar estos boleos de gran tamaño, para evitar que se atoren en la segunda sección y en las bandas transportadoras.

**Cámaras Hiperbáricas:** Son cámaras en donde el personal se prepara para entrar a la sección de la

cámara de excavación para realizar el cambio de herramientas en la cabeza de corte.

**Motores de la Cabeza de Corte:** Son 10 motores eléctricos que dan la potencia para el giro de la cabeza de corte.



Figura 4. Vista de motores eléctricos ya instalados (izq.) y articulación (der.)

**Mamparo:** Estructura de soporte principal entre la cabeza de corte y el escudo.

**Articulación:** Está conformada por 16 gatos, 8 superiores y 8 inferiores (8 grupos de 2 gatos) cada gato con 8000 toneladas de capacidad. Se encarga de dar la dirección de la TBM.

**Gatos de Empuje:** El avance longitudinal del escudo se efectúa por medio de gatos hidráulicos, que reaccionan contra los anillos del revestimiento primario del túnel, previamente erigidos. La distribución de los gatos de empuje es simétrica a un eje horizontal, se tiene 1 grupo de 4 y 2 grupos de 5 en la parte superior y de igual forma en la parte inferior. En total son 28 gatos de empuje con 12,000 toneladas de capacidad cada uno.

**Brazo Erector:** Es el dispositivo para la colocación de las dovelas que forman el anillo de concreto, accionado hidráulicamente el cual gira 180° en ambas direcciones y además puede desplazarse 0.75m sobre el eje del túnel. Su velocidad máxima de giro es de 2 rpm.

**Faldón:** Es una camisa metálica en la que se encuentran los puntos de inyección de mortero y las líneas de inyección para la lubricación de los cepillos que impiden el paso del suelo y mortero al interior de la TBM.

**Segment Feeder:** Es la mesa alimentadora de dovelas, en la cual se distribuyen y trasladan las dovelas hasta el frente de la TBM, se colocan en el orden adecuado para que el brazo erector las coloque.



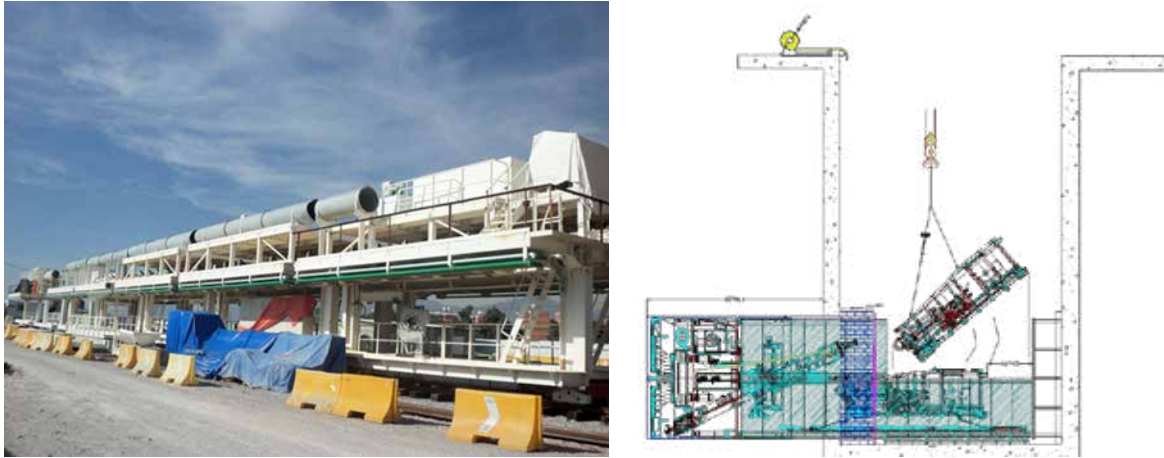


Figura 5. Gantries montados en superficie (izq.) y descenso de cada uno de ellos (der.)

**1er Gantry o Gantry Bridge:** En éste se encuentran la fuente de poder de la TBM, los transformadores, los motores de potencia hidráulica, en la parte superior inicia el tonillo sin fin no. 2 con eje y está ubicada la cabina de operación de la TBM.

**2do Gantry:** En éste están ubicados en la parte superior los sistemas de bombeo de inyección de polímeros, 1 tanque de polímero, 1 tanque del agente espumante CLBF4/TM, 1 gabinete de fuerza. En la parte inferior se encuentra una bomba de grasa de cola.

**3er Gantry:** Aquí se localizan la unidad hidráulica Putzmeister, 2 paneles de control putzmeister, 2 unidades para manejo de polímeros, un tanque de bentonita y en la parte superior esta la vaca de mortero de 10m<sup>3</sup>.

**4to Gantry:** Aquí están ubicados las bombas putzmeister, 1 generador de 250 kw y en la parte inferior 3 polipastos.

**5to Gantry:** Aquí se encuentra 1 tanque de agua fría-caliente, 1 tanque de agua residual y 1 pulmón de aire.

**5A Gantry:** En este Gantry se localizan 3 compresores ARZT145 (aire respirable) y 1 transformador de 600 KVA.

**6to Gantry:** En esta parte final de la TBM, están ubicados 3 carretes de manguera, 2 compresores Al GASSF, el sistema de ventilación del túnel, 1 almacenador de ducto y en la parte inferior está colocada una grúa viajera para la manipulación de los materiales necesarios al frente de la TBM.

Para este el Proyecto TEO el montaje y arranque de las máquinas se llevó a cabo por personal propio de los fabricantes. De esta manera, los componentes se adecuaron para ser todos ensamblados a nivel de piso en las lumbreras y así avanzar con la excavación del túnel hasta los 150m, pues hasta este punto fue establecido en el contrato. Durante estas fases y en todo momento estuvo presente el personal por parte de las constructoras para conocer los mecanismos y los procedimientos de operación de las máquinas y en adelante estos continuar con la operación en las excavaciones.

## OPERACIÓN Y RENDIMIENTO DE LA MÁQUINA

Por las características y dimensiones del túnel a excavar, estas máquinas se diseñan y fabrican para trabajar en condiciones muy particulares, lo que hace indispensable el estudio del subsuelo. Para el caso específico del TEO, el túnel se dividió en 6 tramos y se consideró si las excavaciones se llevarían a cabo en suelos blandos o duros.

El rendimiento de estas máquinas está en función de la combinación entre el número de revoluciones que la rueda de corte pueda tener (estimado en 4 rpm) y el empuje ejercido por los 28 gatos hidráulicos. Así mismo, el rendimiento está en función del corte que realizan los discos giratorios y frontales.

Dadas las dimensiones y complejidad de la máquina los fabricantes de las mismas ofrecen el servicio de operación con personal altamente capacitado y con la experiencia necesaria para este tipo de trabajos.

Pero, para el caso particular del Proyecto TEO, se optó por que fuese personal mexicano y de las mismas constructoras participantes quienes controlaran la operación de las máquinas durante las excavaciones, con la supervisión y asesoría de empresas extranjeras (pero no con personal de los fabricantes de las máquinas).

## RESULTADOS

A casi 6 años de trabajos, los avances están aproximadamente al 50% y se ha estimado se termine el proyecto para el año 2018, lo que significaría un total de 10 años. Si el rendimiento promedio por máquina hubiese sido real, aproximadamente 30m por día, es decir 180m diarios por las 6 máquinas.

Entonces la excavación de los 62km del túnel:  
 $62,000\text{m} / (180\text{m/día}) = 345 \text{ días}$

Lo que significa que las excavaciones del túnel debieron estar terminadas en un año en promedio.

## OBSERVACIONES

De manera general, las fases para la ejecución del túnel se pueden dividir de la siguiente manera:

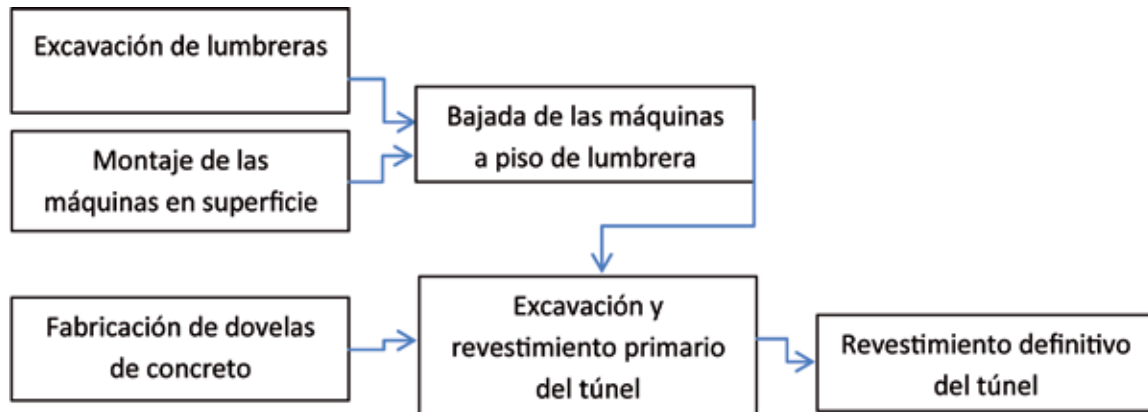


Figura 6. Diagrama general del proceso de excavación para túneles

Se planeó una división en 6 tramos para que las máquinas se instalaran y comenzaran las excavaciones de manera simultánea.

Como se indica en el diagrama, era necesario contar con las 5 lumbreras y el portal de salida en donde se debían bajar y ensamblar las máquinas. Lo que al principio estaba planeado, su construcción tardaría menos de un año, pero los problemas comenzaron a aparecer desde estas etapas, debido por ejemplo a las grandes filtraciones de agua hacia el interior de las lumbreras. Esta situación es debida a que parte del trayecto del túnel se localiza paralelamente y a unos cuantos metros del gran canal y de igual manera en la zona de la laguna de Zumpango.

Debido a que el proyecto arranco sin que el proyecto ejecutivo estuviera totalmente definido, las máquinas se mandaron construir con un diseño basado en estudios del subsuelo demasiado someros, lo que originó que cuando se realizaron estudios detallados en campo, se observaran diferencias importantes respecto a lo considerado, al grado de que se tuvieron que realizar modificaciones en los métodos constructivos.

## CONCLUSIONES

En los proyectos como el de la construcción del Túnel Emisor Oriente, donde la excavación se planea por medio de máquinas tuneladoras, se debe iniciar primero por el estudio detallado del subsuelo para que de esta manera, el diseño de las máquinas se realice lo más apegado a las condiciones realistas y así se pueda tener los avances esperados.

Además, un factor importante en cuanto al tiempo disponible para la ejecución del proyecto es el tiempo que se requiere para diseñar la máquina, fabricarla, transportarla y montarla (lo que puede llegar hasta los dos años).

En general, los rendimientos conseguidos con las máquinas tuneladoras son muy elevados si se comparan con otros métodos de excavación de túneles, pero su uso solo es rentable a partir de una "longitud mínima" de túnel a excavar. Para el caso del TEO, por la longitud del túnel, se tuvo la nece-

sidad de adquirir 6 máquinas, pero desafortunadamente, no se han tenido los mismos avances en los diferentes frentes, siendo en algunos extremadamente casi nulos.

Ciertamente los problemas en la construcción del TEO han sido muchos y de diversas índoles, pero, particularmente los que atañen a las máquinas, tienen origen en la falta de planeación, a la falta de estudios de campo para poder diseñar las máquinas y además por la manera en como se está operando las máquinas con personal que no tiene la experiencia y pericia para afrontar estas magnitudes.

## **BIBLIOGRAFÍA**

*Peurifoy R. L., Métodos, planeamiento y equipos de construcción. Ed. Diana, México 1978.*

*Aburto V. R., Movimiento de tierras, tomo I. Ed. FUNDEC, México, 1990.*

*CONAGUA, El libro Blanco CONAGUA-05: construcción del Túnel Emisor Oriente. México, 2012*

*AMITOS, Túneles y excavaciones subterráneas, curso Victor Hardi 87, México, 1987*

<http://www.ita-aites.org/fr/>

<http://www.robbinstbm.com/>

<http://www.herrenknecht.com/>

**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**La medición de la  
sustentabilidad en empresas  
de diseño y construcción:  
un elemento de innovación.**

**Mtra. Silvia Narvárez Contreras  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
UNIDAD ACADÉMICA: CUAUTITLÁN IZCALLI.**



## La medición de la sustentabilidad en empresas de diseño y construcción: un elemento de innovación.

**Mtra. Silvia Narvárez Contreras**  
snarvaez1@yahoo.com

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO-UNIDAD ACADÉMICA  
CUAUTITLÁN IZCALLI

### ABSTRACT

The innovative capacity in construction sector is related to the size of the enterprises within the sector and also to a transparency approach and a framework of stakeholders related to the actions of the enterprises. This paper is aimed to show some of the innovative strategies followed by construction companies in order to communicate their results and actions on environmental framework. This strategy is increasing in Mexico, and it comes from a global strategy to report results. Companies which use this tool, report their outcomes in a series of sustainable indicators categorized by economic, social and environmental development. This way to report is based on the three basic foundations of sustainability. Some of the advantages for the usage of this tool is a better market position, more legitimacy for their operations, and the physical environment where they are placed, and a better access to various financial resources.

### KEYWORDS

Construction sector, stakeholders, innovation, sustainability, indicators, measurement

## **RESUMEN**

La capacidad de innovación en la industria de la construcción se relaciona de manera directa con el tamaño de las empresas integrantes y con un enfoque de transparencia con y hacia los grupos de interés (stakeholders) que se relacionan con ellas en sus ámbitos internos y externos. En este trabajo se pretende mostrar las estrategias que las empresas actualmente se encuentran implementando para comunicar sus resultados en materia ambiental como un elemento crucial en sus estrategias de innovación. Esta estrategia ha cobrado fuerza en México, y se deriva de una estrategia Global para el reporte de resultados. La idea es que las empresas que participan en esta iniciativa presentan tres grupos de indicadores de gestión sustentable en términos ambientales, económicos y sociales. Lo anterior bajo la premisa de los tres pilares fundamentales que la sustentabilidad tiene (económico, ambiental, y social). Entre las ventajas que esta estrategia les ofrece es un mejor posicionamiento en el mercado, mayor legitimidad en sus operaciones, así como en el entorno físico donde se desenvuelven y un acceso a mejores opciones de financiamiento, que dado el tamaño de la empresa y sus operaciones, resulta crucial para crecer nacional e internacionalmente.

## **PALABRAS CLAVE**

empresas construcción, sustentabilidad, grupos de interés, innovación.



## INTRODUCCIÓN

La innovación puede ser concebida desde un ángulo tradicional que relaciona las capacidades de las empresas para crear nuevos productos, nuevas marcas, nuevas metodologías y nuevos procesos que permiten el uso más eficiente de los recursos que se emplean en el proceso productivo. Sin embargo, desde una descripción más amplia, podemos también considerar como innovación, un nuevo enfoque para relacionarse desde la empresa hacia los actores que intervienen o se ven afectados por ella, tanto desde su ámbito interno, llámese el proceso de producción, distribución y consumo de los bienes que éstas generan, como los actores que intervienen en los ámbitos externos a las operaciones de las mismas. Así mismo estas actividades incluyen la gestión medioambiental que la empresa realiza, e inclusive algunos autores señalan que las dimensiones de la orientación al aprendizaje y la predisposición a innovar influyen en la capacidad de gestión medioambiental proactiva de las empresas. (Fraj Andrés, Elena; Matute Vallejo, Jorge; Melero Polo, Iguácel, 2013). Es en este marco, que la medición de la sustentabilidad de las empresas está relacionada con una capacidad proactiva para la innovación.

Dentro de los ambientes en que la empresa influye pueden considerarse los grupos de interés que interactúan con las empresas tales como: los trabajadores de esa organización, sus accionistas, las asociaciones de vecinos afectadas o ligadas, los sindicatos, las organizaciones civiles y gubernamentales que se encuentren vinculadas, etc (Freeman, R. E., Moutchnik, A., 2013).

Esta nueva forma de relación permite a las empresas generar relaciones de transparencia dentro de un entorno, que reconoce cada vez más y eventualmente juzga las acciones que las empresas emprenden más allá de su ámbito de operaciones productivas y comerciales.

Algunos autores señalan que la gestión medioambiental comprende “todas las actividades técnicas y organizativas que lleva a cabo una organización con el objetivo de reducir el impacto que causan sus actividades sobre el medio ambiente...Las prácticas de gestión medioambiental se clasifican en tres categorías: prácticas de planificación y organización, prácticas operativas (relacionadas con el producto y con el proceso) y prácticas de comunicación o comerciales”. (Piñero y García Pintos, 2009).

Dentro del rubro de prácticas de comunicación o comerciales, en 1990 surgió a nivel mundial una estrategia que pretende hacer transparentes a los grupos de interés de las empresas las acciones que éstas estaban emprendiendo en términos de sustentabilidad.

## OBJETIVO GENERAL

El presente documento pretende analizar la validez de la utilidad de la estrategia de Reporteo de indicadores de sustentabilidad como instrumento de medición de la sustentabilidad en las empresas dedicadas a la Construcción.

## OBJETIVO ESPECÍFICO

Analizar y comparar la información contenida en los reportes de sustentabilidad de empresas de la construcción a nivel nacional e internacional con el fin de validar el uso de este instrumento como elemento innovador.

## DESARROLLO

### ¿QUÉ ES SUSTENTABILIDAD?

Para estar en posibilidad de evaluar la validez del uso de la estrategia mencionada, es necesario definir la sustentabilidad y la aplicación del concepto en las empresas.

La estrategia de Reporte de indicadores de sustentabilidad (GRI, por sus siglas en inglés) basa su estructura en el concepto de la sustentabilidad, entendiendo éste como el desarrollo que se puede alcanzar utilizando los recursos en el presente sin afectar las condiciones y oportunidades de las generaciones futuras para hacer uso en su momento de los recursos disponibles. Esta definición se derivó del Informe Brundlandt en 1987(ONU, 1987). Este marco implica no solo el uso de recursos biológicos, sino que incluye además una consideración sobre los recursos económicos así como los recursos y condiciones sociales de una comunidad (ya sea local o nacional), que en conjunto permiten generar un desarrollo armónico que pueda perpetuarse en el tiempo. Es por ello que la definición más aceptada implica la interacción de estos tres pilares de la sustentabilidad: el ámbito económico, social y ambiental.

Para su aplicación en el caso de las empresas, la sustentabilidad entonces deberá expresarse en el desempeño económico, social y ambiental de sus operaciones. (Fig. 1). El desarrollo sustentable implica entonces acciones generadas al interior de la empresa hacia sus integrantes de la empresa así como las acciones que la empresa pueda emprender y que influyen en todos sus grupos de interés, definidos éstos como trabajadores, organizaciones sociales, accionistas y proveedores, entre muchos otros actores clave que se ven afectados por las decisiones de una empresa. Generar confianza



Fig. 1 Esquema gráfico de la definición de sustentabilidad.  
Fuente: <http://www.valorsustentable.com/definiciones.html>

con éstos es fundamental para el desarrollo de una organización (Boutilier, 2008).

Cabe mencionar que esta forma de conceptualizar la sustentabilidad considerando las tres dimensiones, ha sido poco incorporada en las empresas. Como resultado, éstas relacionan acciones de sustentabilidad con acciones de responsabilidad social (Accinelli y de la Fuente, 2013). Es por ello que la estrategia de reporte de indicadores permite medir en términos más integrales (y de acuerdo con la definición que se maneja en este documento) las acciones cuantitativas que las empresas llevan a cabo para definir su gestión medioambiental (Fabricia S., Rogério J.L., 2012).

## REPORTES O MEMORIAS DE SOSTENIBILIDAD

Una memoria de sostenibilidad expone información acerca del desempeño económico, ambiental, social y de gobierno de una organización.

Las empresas y organizaciones elaboran memorias por varias razones, entre ellas:

- Mejorar su comprensión de los riesgos y las oportunidades a los que se enfrentan.
- Mejorar su reputación y la lealtad a la marca.
- Facilitar a los grupos de interés la comprensión acerca del desempeño y los impactos de sostenibilidad.
- Hacer énfasis en la relación entre el desempeño financiero y no financiero.
- Influir en las políticas y la estrategia gerencial a largo plazo, así como en los planes de negocios.
- Comparar y evaluar el desempeño en materia de sostenibilidad con respecto a lo establecido en las leyes, normas, códigos, normas de funcionamiento e iniciativas voluntarias.
- Demostrar cómo la organización ejerce influencia y es influenciada por expectativas relacionadas con el desarrollo sostenible.
- Comparar el desempeño internamente a lo largo del tiempo, así como con otras organizaciones.
- Cumplir con normativas nacionales o con requerimientos de las Bolsas de Valores.

Los contenidos de estos reportes se agrupan en diversas categorías como desempeño económico (9 indicadores), ambiental (34 indicadores), laboral (16), derechos humanos (12), acciones sociales (11) y responsabilidad sobre el producto (9). Indicadores que suman 96 indicadores en total. Sin embargo, en este trabajo se seleccionaron algunos indicadores relevantes de cada categoría para realizar el análisis entre empresas mexicanas de construcción<sup>1</sup>.

Los Suplementos Sectoriales son versiones de las Guías GRI adaptadas a cada sector. Los Suplementos Sectoriales ayudan a las organizaciones a producir memorias de sostenibilidad que reflejen los

---

<sup>1</sup> Para una revisión de la totalidad de indicadores de gestión que debe incluirse en un reporte de sostenibilidad empleando la metodología propuesta por el GRI y enfocado sectorialmente, puede consultarse la sig. URL: <https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/Spanish-CRESS-Quick-Reference-Sheet.pdf>

impactos sectoriales, de manera que puedan ser comparados internacionalmente (Global Reportive Initiative, s.f.).

En la organización se maneja una base de datos que incluye a 6,633 empresas de todo el mundo, mismas que han generado 20,311 memorias de sustentabilidad, y de las cuales 16,233 utilizan la metodología GRI.

Desde 1999 a 2014 en el sector de la construcción a nivel internacional se cuenta con 1235 reportes que en general ofrecen información de la mayor parte de los indicadores de esta metodología.

A nivel regional puede observarse que para América Latina y el Caribe solo se cuentan con 65 reportes. Cifra que contrasta con el número de reportes elaborados en América del Norte (Estados Unidos y Canadá), donde se registran solo 38.

Estas cifras nos hablan de una incipiente cultura sobre el reporte de acciones en los términos en que esta metodología lo requiere, es decir, en términos medibles y verificables en aspectos económicos, ambientales y sociales. Este requerimiento puede resultar atractivo para empresas que buscan mejorar su imagen y postura financiera para una posterior búsqueda de financiamiento en mercados financiero que aprecian la realización de acciones sustentables y que incluso, las establecen como requisito de acceso al financiamiento. O bien, del uso de otro tipo de instrumentos que las empresas están empleado para comunicar sus resultados en términos de sustentabilidad, ya que la selección de empresas comprende desde PyMES hasta Grandes Empresas.

Otro elemento significativo de estos resultados obedece a la concentración que existe en el sector de la construcción. La comparación entre el número de reportes de grandes empresas y pymes es la siguiente. Para grandes empresas a nivel mundial se registraron 425 reportes, de lo contrario en el caso de las PyMES se registraron 53 reportes. A nivel regional, en Norteamérica 23 grandes empresas elaboraron reportes de sustentabilidad, y solo 3 pymes norteamericanas están incluidas en esta estrategia. En Latinoamérica las cifras respectivas son 56 grandes empresas y 3 PyMES.

A nivel nacional se cuenta con Consorcio Ara, Casas Geo y Empresas ICA S. A. B. de C.V. Estas empresas siguen la metodología propuesta por el Global Reportive Initiative para la elaboración de memorias de sustentabilidad. Y han participado durante diversos años desde 1999, año en que se inician esta iniciativa. Para efectos de comparación de sus reportes se revisaron las versiones correspondientes a los años 2013 para las empresas mencionadas.

Existen indicadores adicionales en categorías como Derechos humanos, Sociedad, y Responsabilidad sobre Productos. Sin embargo, para efectos de una primera revisión y comparación entre empresas, el análisis solo incluye los indicadores relacionados en la tabla 1.

Con objeto de revisar y comparar la información que se reporta en las empresas mexicanas se presentan algunos de los indicadores más relevantes agrupados por categoría en la tabla 1.

	Casas GEO	Industrias ICA	Grupo ARA
<b>Desempeño económico</b>			
EC1 Valor económico directo generado y distribuido, incluyendo ingresos, costes de explotación, retribución a empleados, donaciones y otras inversiones en la comunidad, beneficios no distribuidos y pagos a proveedores de capital y a gobiernos	19,078 millones de pesos	36,204 millones de pesos	13,602 millones de pesos
EC2 Consecuencias financieras y otros riesgos y oportunidades para las actividades de la organización debido al cambio climático.	No es claro	No incluye información	No incluye información
EC3 Cobertura de las obligaciones de la organización debidas a programas de beneficios sociales	Donaciones a instituciones de asistencia pública y asociaciones civiles: 5 millones	No incluye información	Fundación Ara + Apoyo a programas en Semarnat. (monto no disponible)
EC4 Ayudas financieras significativas recibidas de gobiernos	No recibió ayudas financieras del gobierno	No recibió ayudas financieras	No recibió ayudas financieras
<b>Presencia en el mercado</b>			
EC5 Rango de las relaciones entre el salario inicial estándar y el salario mínimo local en lugares donde se desarrollen operaciones significativas.	Reportan "No es significativo"	Se menciona como "superior"	Se menciona como "superior"
<b>Dimensión ambiental</b>			
<b>Materiales</b>			
EN1 Materiales utilizados, por peso, valor o volumen.	Dato sectorial genérico proporcionado por Centro Mario Molina: Composición de mat. En vivienda: 60% concreto, 18 % block, 4% acero.	(En ton). Terracerías 549,594 Acero 4,622,319 Concreto 3,278,988 Sustancias químicas 1,152,69L Agregados 428,359 Aglutinantes 211,801 Asfaltos 178,635 Cemento 79,665 Madera	432,000 m <sup>3</sup> de concreto y 10,900 tons. De acero.
EN2 Porcentaje de los materiales utilizados reciclados y reutilizados que son materiales valorizados.	No hay información.	19.3% del total de materiales utilizados (terraceras).	0 % de materiales reciclados o reutilizados que puedan ser valiosos

	Casas GEO	Industrias ICA	Grupo ARA
<b>Desempeño económico</b>			
<b>Energía</b>			
EN3 Consumo directo de energía desglosado por fuentes primarias.	No hay información.	Los principales combustibles empleados en ICA son: diesel, gas LP, gasolina, petróleo y biodiesel, esto es, en su mayoría provenientes de fuentes no renovables. (3,858,804 GJ)	No se presenta información.
EN5 Ahorro de energía debido a la conservación y a mejoras en la eficiencia.	Para cubrir el indicador se presenta información derivada de las mejoras del Programa gubernamental Hipoteca Verde, con información genérica y aplicable a cualquier empresa de vivienda que se inscriba en el programa: 8470 tonCO <sub>2</sub>	630,992 kWh (energía eléctrica) 17,615 GJ (gas LP)	No se presenta información
<b>Agua</b>			
EN8 Captación total de agua por fuentes (m <sup>3</sup> )	Subcontrata a empresas particulares que cuentan con los permisos requeridos.	Agua tratada 2,699,135 Océano 1,739,579 Pipa 1,563,397	No se presenta información
EN10 Porcentaje y volumen total de agua reciclada y reutilizada.	volumen de agua residual tratada: 4,325,162.40 m <sup>3</sup> de los cuales se recicla en riego de jardines: 1,081,290.60 m <sup>3</sup>	43% El total de agua reciclada fue de 336,965.27 m <sup>3</sup> , lo que corresponde al 0.4% del total utilizado en los procesos.	Se menciona que cada uno de sus desarrollos cuenta con planta de tratamiento de agua residual. No se incluyen cifras.
<b>Biodiversidad</b>			

	Casas GEO	Industrias ICA	Grupo ARA
<b>Desempeño económico</b>			
EN12 Descripción de los impactos más significativos en la biodiversidad de áreas protegidas o áreas de alta biodiversidad no protegidas, derivados de las actividades, los productos y los servicios.	No se mencionan los impactos. Únicamente las acciones para mitigar efectos del cambio de uso de suelo, considerado de baja vulnerabilidad, dado que el uso original del suelo para sus operaciones, es agrícola. Entre las acciones se cuentan re-uso de árboles nativos, la creación de un vivero y una zona de protección de flora nativa en el Estado de México.	33 impactos ambientales adversos y 6 que se consideran positivos. Se realizan controles preventivos como equipos de atención a emergencias (derrames) y gestión especial de residuos, incremento de la superficie a reforestar y la capacitación y campañas de concientización en temas ambientales a los trabajadores y las comunidades circundantes.	No se presenta información.
<b>Emisiones, vertidos y residuos</b>			
EN16 Emisiones totales, directas e indirectas, de gases de efecto invernadero, en peso.	Se presenta información del ahorro de energía derivado del programa gubernamental Hipoteca Verde.	Ton CO2 e* 639,579.40	No trae información
EN22 Peso total de residuos gestionados, según tipo y método de tratamiento.	No se presenta información.	357,035.34 toneladas. 86.8% Residuos de manejo especial 12.9% Residuos sólidos urbanos 0.3% Residuos peligrosos	No se reportan incidentes sobre residuos. No presentan información sobre el peso de los residuos que generan.
<b>Dimensión social</b>			
<b>Empleo</b>			

2 Toneladas de CO2 equivalente generadas por actividades principalmente de consumo de gasolina, diesel y gas LP, emisiones derivadas del cambio de uso de suelo, emisiones generadas durante los procesos de soldadura y oxicorte, emisiones generadas durante el tendido de asfalto, emisiones generadas durante el proceso de pintado de infraestructura e inmuebles, y por el tratamiento de aguas residuales.

	Casas GEO	Industrias ICA	Grupo ARA
<b>Desempeño económico</b>			
LA 6 Porcentaje del total de trabajadores que está representado en comités de seguridad y salud conjuntos de dirección-empleados, establecidos para ayudar a controlar y asesorar sobre programas de seguridad y salud en el trabajo.	No se menciona.	100%. En cada uno de los centros de trabajo de la empresa se han formado Comisiones internas de Seguridad e Higiene, integradas en paridad de número con representantes tanto de los trabajadores como de la empresa, con personal capacitado en materia de seguridad.	Solo se menciona que el 100% de sus empleados está cubierto por el IMSS y que la empresa cuenta con esquemas de prevención de enfermedades y de cuidado a la salud en todos sus centros. En 2013 no se reportaron pérdidas humanas en sus centros operativos
LA 10 Promedio de horas de formación al año por empleado, desglosado por sexo y por categoría de empleado	Técnico administrativo (hr) 164,116 horas hombre de capacitación en obra: 17,233	Técnico administrativo (hr) 318,064 Técnico administrativo (hr/emp) 24 Sindicalizado (hr) 195,958 Sindicalizado (hr/emp) 10	10,335 horas hombre. En promedio 15.3 horas/trabajador. No se presenta información por sexo ni categoría.
LA 14 Relación entre salario base de los hombres con respecto al de las mujeres, desglosado por categoría profesional.	"...no existe una diferencia entre el salario base de los hombres con respecto al de las mujeres [...]"...	Operativos:100:72 Mandos medios 100:84 Gerentes 100:95 Directores 100:82	No se presenta información al respecto. Solo se menciona que no se ha revisado la parte laboral de sus proveedores.

Del análisis anterior de los indicadores más relevantes, se pueden observar diferencias en términos metodológicos y de contenido de la información. La empresa que reporta contenido preciso en la mayor parte de sus indicadores es Grupo ICA. Tanto las empresas Casas Geo como Grupo Ara presentan el reporte con información incompleta para algunos indicadores, o bien, empleando información general para el sector, tales como coeficientes de eficiencia y ahorro de energía, y agua. En cuanto a la parte laboral, se observan indicadores con información específica, aunque no en todos los casos.

Cabe mencionar que los indicadores ambientales en el grupo ICA son monitoreados con información generada al interior de la empresa. La precisión en el reporte y en las cifras y metodologías de cálculo es una característica de este reporte de sustentabilidad. Por el contrario las otras dos empresas analizadas presentaron en esta categoría información generada en fuentes externas. Esta estrategia contradice el sentido original de elaboración de estos reportes, ya que como se comentó más arriba, las empresas realizan estos documentos para comunicar sus esfuerzos para alcanzar la sustentabilidad, lo cual supone, una estrategia individual de la organización por concientizarse del impacto de sus operaciones en el medio ambiente. Lo anterior posiblemente obedece a la falta de



personal capacitado dentro de la empresa en la medición de los impactos ambientales o incluso hasta una resistencia para instrumentar la medición.

Las acciones sociales en las empresas Casas Geo como Grupo Ara que se presentan en el reporte se identifican con acciones de responsabilidad social corporativa, o bien, expresan acciones de beneficio social a la infraestructura que se construye dentro de los desarrollos de manera obligatoria por el gobierno.

La evaluación global de los indicadores de sustentabilidad en el caso de Casas Geo y Grupo Ara genera una impresión sobre el sentido solo mercadológico en el contenido del reporte. Ya que la expresión de las acciones, no necesariamente relacionada con el contenido específico de los indicadores, se orienta a destacar un excelente desempeño en las acciones de las empresas, y no necesariamente a medir sus impactos. Lo anterior puede deberse a que la elaboración y comunicación de estos reportes permiten a las empresas (entre otras cosas) cumplir con normativas nacionales o con requerimientos de las Bolsas de Valores independientemente de la evaluación de la información presentada o de la verificación en términos de la metodología propuesta por GRI. Asimismo el hecho de que la elaboración de estos reportes no está ligada a obligatoriedad legal, se puede hablar de un margen en términos creativos, pero de forma simultánea también puede generar una ausencia de rigor metodológico para realizar estos reportes.

Con el fin de mejorar la calidad y el uso de los reportes de sostenibilidad, algunas empresas que se especializan en la elaboración de estos reportes de sustentabilidad (KPMG, 2008) expresan diversas críticas a este instrumento en relación a varios puntos clave como:

- **Credibilidad en la información:** Todos los lectores de estos reportes de sustentabilidad creen que, con toda probabilidad, las empresas omitirán los fracasos en sus memorias.
- **Un papel más destacado para los grupos de interés:** Se destaca la necesidad que las organizaciones aborden las necesidades de los grupos de interés durante el proceso y elaboración de las memorias, y que se incluyan sus opiniones en las mismas.
- **Integrar la sostenibilidad en los procesos clave del negocio:** Los lectores quieren que las organizaciones expliquen la relación existente entre su estrategia de sostenibilidad y su estrategia principal de negocio. Este punto resulta fundamental para que este instrumento pueda contar con legitimidad dentro de los grupos de interés de las empresas, y que la sustentabilidad que éstas dicen llevar a cabo sea verificable y transparente. Como se mencionó más arriba el concepto sustentabilidad se ha mezclado con el de Responsabilidad Social, interceptando actividades en algunos casos, o en la mayoría, incluyendo acciones de responsabilidad con las comunidades y grupos de interés vulnerables a la actividad principal del negocio.
- **Mejorar la comunicación sobre el valor que la sostenibilidad tiene en el desempeño de la organización.** los lectores quieren estar seguros del compromiso de la organización con respecto a la sostenibilidad (KPMG, 2008).

## CONCLUSIONES

Con base en la revisión de los tres informes de sustentabilidad de las empresas mencionadas puede destacarse que la empresa que mejor mide y presenta sus resultados es Grupo ICA, ya que la mayoría de sus indicadores son reportados con precisión y en unidades de medida cuantificables. En el caso de Casas GEO y Grupo Ara utilizan incluso información generada por oficinas gubernamentales, o bien organismos no gubernamentales para alimentar sus indicadores, es decir, información generada para todo el sector de construcción. Estas cifras no apoyan en la medición específica y particular de su gestión ambiental. Con ello, la validez del reporte de indicadores de sustentabilidad como elementos para medir la sustentabilidad está cuestionada. Aunque también un elemento importante para explicar los errores en la presentación de estos reportes puede obedecer al tamaño de las empresas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Accinelli Gamba, Elvio; de la Fuente García, José Luis. (2013) *Responsabilidad social corporativa, actividades empresariales y desarrollo sustentable. Modelo matemático de las decisiones en la empresa. Contaduría y Administración*, vol. 58, núm. 3, julio-septiembre, pp. 227-248. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México
- Boutillier, R. (2008) *Capital social, desarrollo sostenible, y la corporación*. Consultado el 28 de septiembre 2014 en [http://www.stakeholder360.com/A2\\_esp.htm](http://www.stakeholder360.com/A2_esp.htm)
- Fabricia S., Rogério J. L. (2012) *Environmental Disclosure Evaluation Hotels (EDEH). Una propuesta de indicadores y un informe de sustentabilidad basada en el Global Reporting Initiative para empresas hoteleras. Estudios y Perspectivas en Turismo*, vol. 21, núm. 1, enero. pp. 68-87, Centro de Investigaciones y Estudios Turísticos, Argentina.
- Fraj Andrés, Elena; Matute Vallejo, Jorge; Melero Polo, Iguácel. (2013) *El aprendizaje y la innovación como determinantes del desarrollo de una capacidad de gestión medioambiental proactiva. Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, vol. 16, núm. 3, julio-septiembre, pp. 180-193, Asociación Científica de Economía y Dirección de Empresas, Madrid, España
- Freeman, R. E., Moutchnik, A. (2013): *Stakeholder management and CSR: questions and answers*. In: *UmweltWirtschaftsForum*, Springer Verlag, Vol. 21, Nr. 1. <http://link.springer.com/article/10.1007/s00550-013-0266-3>
- Global Reportive Initiative (s.f.) *Memorias de Sostenibilidad*. Consultado el 28 de agosto 2014 en: <https://www.globalreporting.org/languages/spanish/Pages/Memorias-de-Sostenibilidad.aspx>

*KPMG International y Sustainability Ltd. (2008) Cuenta conmigo. La opinión de los lectores sobre las memorias de sostenibilidad. ISBN 978-1-903168-30-1. Primera edición 2008, páginas 4-5. Consultado el 28 de septiembre de 2014 en: <https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/Spanish-Count-Me-In-the-readers-ta>*

*ONU Informe Nuestro futuro común: Informe Brundtland. 1987. ONU <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/42/427>*

*P. Piñero García, A. García-Pintos Escuder, (2009) Prácticas ambientales en el sector de la construcción. El caso de las empresas constructoras españolas. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa, vol. 15, núm. 2, mayo-agosto, pp. 183-200, Academia Europea de Dirección y Economía de la Empresa, España*



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Aplicación de la  
Administración y  
Tecnología para  
el Diseño en la  
Educación**



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Investigación de tecnologías  
constructivas y características  
sustentables aplicadas a  
propuesta de complejo de  
vivienda para pre-cooperativa  
en San Luis la Herradura,  
Departamento de La Paz.**

Arq. Carlos Gómez  
Arq. Sergio Guerra  
Arq. Guillermo Magaña  
UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA  
JOSÉ SIMEÓN CAÑAS, EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

## **Investigación de tecnologías constructivas y características sustentables aplicadas a propuesta de complejo de vivienda para pre-cooperativa en San Luis La Herradura, Departamento de La Paz.**

**Arq. Carlos Gómez**  
**Arq. Sergio Guerra**  
**Arq. Guillermo Magaña**

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSÉ SIMEÓN CAÑAS, EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
00053608@uca.edu.sv

### **ABSTRACT**

The following document summarizes the results of the research and development carried out for the preparation of the thesis of the same name; the final proposals involve: a room of multiple uses, typology of housing and urbanization proposal. All in accordance with the concepts and exposed problems, with a design that is focused towards the mass production of units as a tool for cost reduction.

### **KEYWORDS**

Self, participatory design, mass production, minimum cost housing



## **RESUMEN**

El siguiente documento resume los resultados de la investigación y desarrollo llevados a cabo para la elaboración de la tesis del mismo nombre; las propuestas finales involucran: un salón de usos múltiples, tipología de vivienda y propuesta de urbanización. Todo en acuerdo a los conceptos y problemáticas expuestas, con un diseño enfocado hacia la producción masiva de unidades como herramienta de reducción de costos.

## **PALABRAS CLAVE**

Autoconstrucción, diseño participativo, producción en masa, vivienda adecuada de costo mínimo

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación se desarrolla con el apoyo de FUNDASAL; en favor de la pre-cooperativa de vivienda de San Luis La Herradura, Departamento de la Paz.

Su propósito es proporcionar una alternativa de bajo costo y facilidad de ensamblaje, aplicando los principios básicos de bioclimatismo, producción en masa y sacando provecho de la mano de obra local con la finalidad de permitirles a los integrantes de la comunidad, contribuir activamente en la construcción de su vivienda y espacio público.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### A. MATERIALES

Los insumos con los cuales se contó para el desarrollo del proyecto son (1) la ubicación geográfica de un terreno (donación de una iglesia loca) y (2) los integrantes de la pre-cooperativa como modelos de usuario. La figura 1 nos muestra el acceso a San Luis La Herradura. La figura 2 nos muestra la ubicación del terreno con respecto a la alcaldía de San Luis La Herradura.



Figura 1. Carretera principal y San Luis La Herradura.

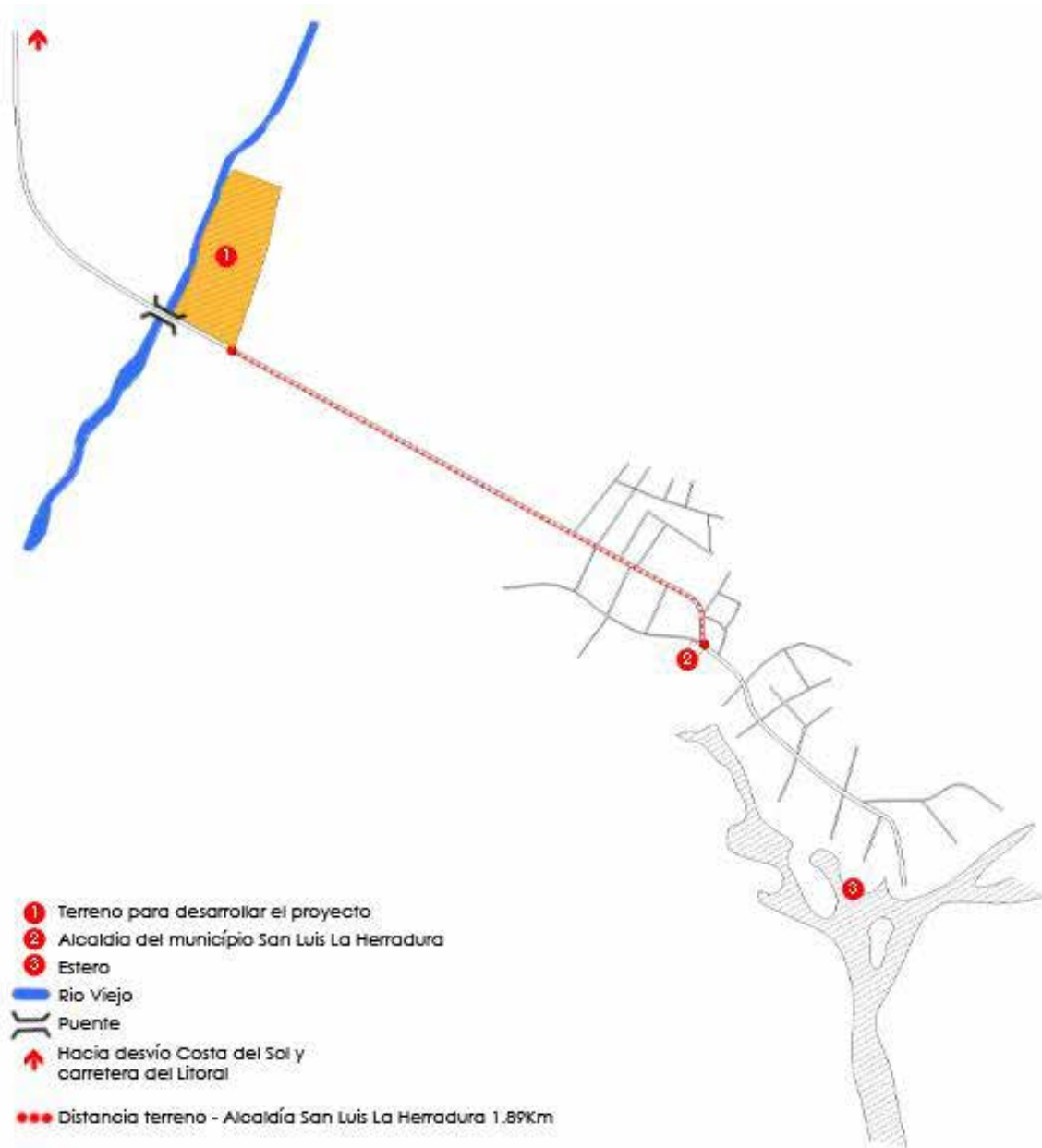


Figura 2. Sitio de intervención.

## B. MÉTODOS

Para desarrollar el presente diseño se siguió una variante de la metodología de proyectos desarrollada por Heino Engel, en Structure Systems que expone el desarrollo arquitectónico como un ciclo infinito de soluciones que mejoran continuamente pero que en cada iteración presentan nuevos problemas que inician nuevamente la cadena (Figura 3).

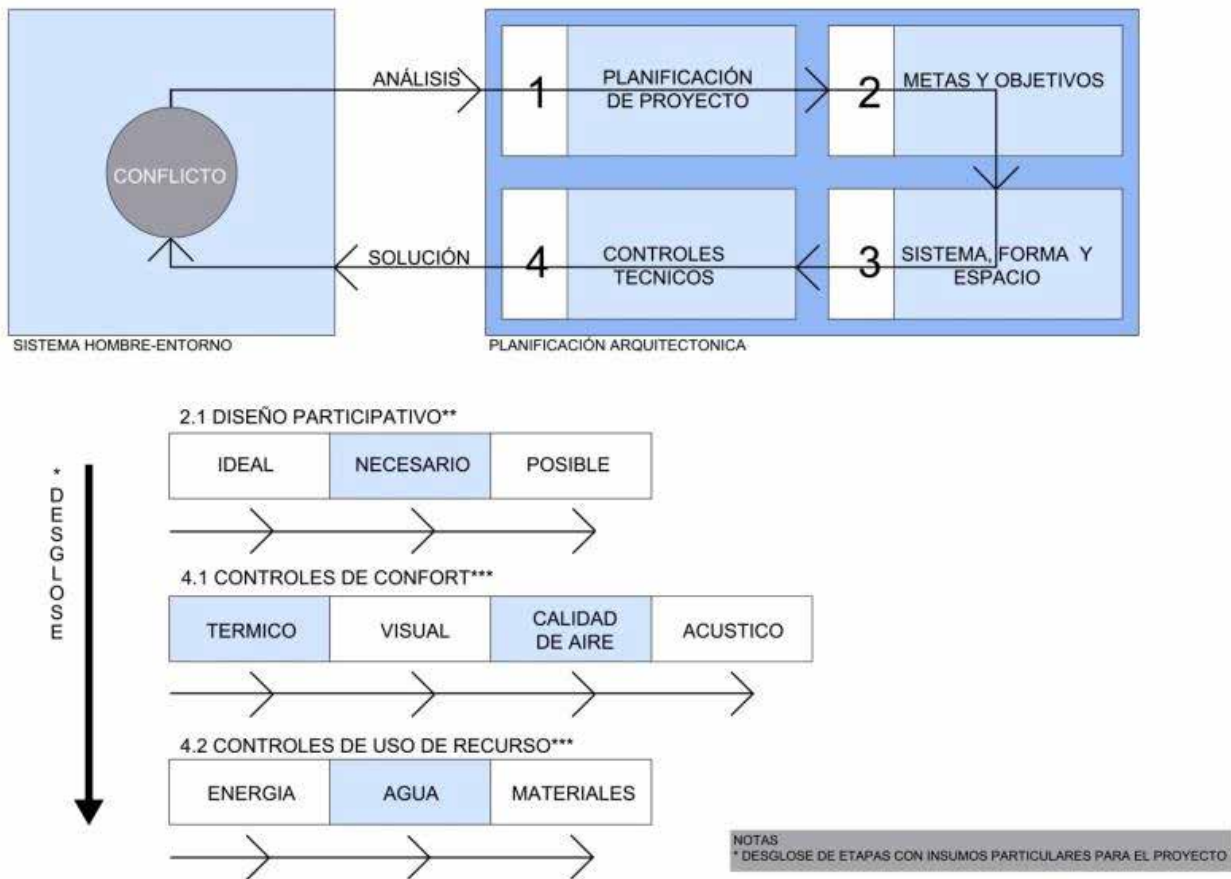


Figura 3. Ciclo de desarrollo arquitectónico.

En esta variación se modifican las etapas de *metas y objetivos* (segunda etapa), adicionando diseño participativo y se modifican además los componentes de la controles técnicos (etapa cuatro) incorporando sistemas de control climático pasivo para generar confort y de uso de recurso como a través de elementos de producción en masa y prefabricados.

Para el caso de diseño participativo, se incorpora el voto de los integrantes de la población como una forma de comprender mejor sus necesidades y garantizar que el producto final responda a los requerimientos del usuario (Figura 4).



Figura 4. Metodología de diseño participativo.

En cuanto a los sistemas de control climático pasivo, estos son aplicados durante el desarrollo del diseño; y permiten al final que las unidades y espacios arquitectónicos respondan adecuadamente a los estudios climáticos obtenidos del sitio como en el caso de la vivienda. (Figura 5) u otras medidas en beneficio del ambiente como son: el uso de materia vegetal de palma (abundante en la zona) como elemento para reducir la temperatura en el techo o la incorporación de adoquín con mezcla de lodo de celulosa en paseos peatonales a fin de hacer uso de material normalmente entendido como desecho.

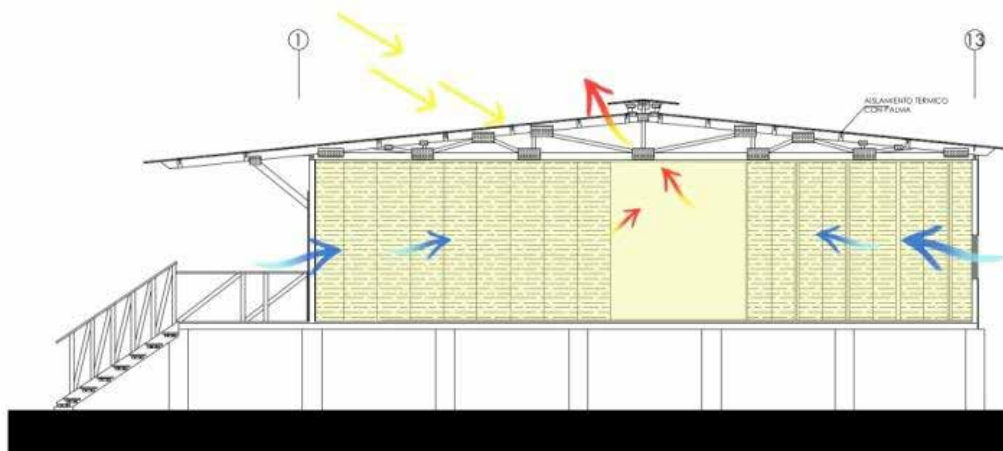


Figura 5. Diseño con control climático pasivo.

Como parte de un manejo responsable de productos al interior del proyecto se consideran principalmente dos puntos (1) materiales renovables y amigables con el ambiente (la madera) y (2) manejo responsable de materiales por medio de prefabricación de componentes en sitio, reduciendo el desperdicio desde la etapa de diseño como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Prefabricación de elementos para vivienda.

Finalmente se realiza una evaluación preliminar bajo los parámetros LEED que puede servir como una base para en un futuro certificar el proyecto y garantizar que cuenta con elementos sustentables reconocidos a nivel mundial.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. RESULTADOS

De la aplicación de la metodología anterior se producen los siguientes elementos:

#### 1) Propuesta Urbanística

La propuesta urbanística del sitio se genera considerando como base la cantidad de familias existentes (60), considerando áreas de terreno uniforme se consiguen 63 (como se observa en la figura 7).

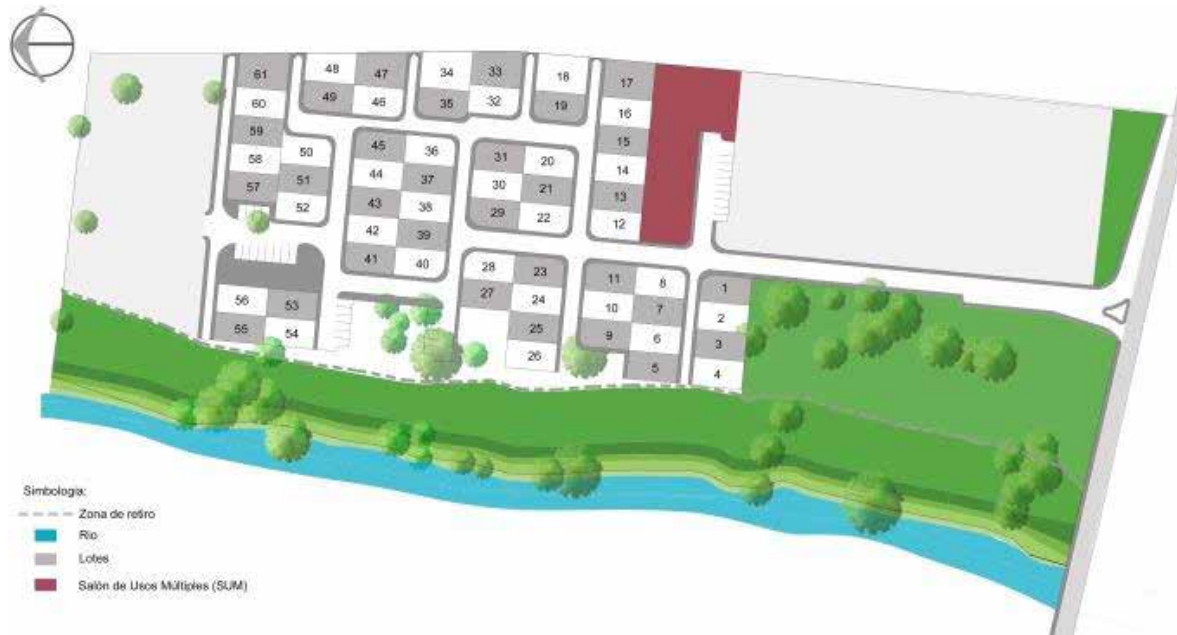


Figura 7. Lotes disponibles en urbanización.

Se considera importante proponer un sistema urbano lo más completo posible a fin de garantizar la calidad de vida de la población; desde esa posición se busca favorecer el uso de lotes reglamentarios lo más pequeños posibles, pues permite más y mejores espacios públicos (figura 8).



Figura 8. Elementos de urbanización

Desde esa posición se hace la propuesta con lotes de 144m<sup>2</sup>, entendiéndose que a fin de proveer una mejor calidad de vida es mucho más factible reducir los lotes individuales para permitir usos públicos amplios a la población.

Finalmente, haciendo uso del software UCL Depthmap, y la teoría de la sintaxis espacial; se realizan los análisis de integración y conectividad necesarios para garantizar que la trama urbana se encuentre debidamente conectada entre si y favorezca el desarrollo de la comunidad.

## 2) Propuesta Habitacional

La propuesta habitacional se fundamenta en la necesidad de la vivienda rural de combinar un estilo de vida al aire libre con espacios interiores. Por ello es importante concebirla como un espacio donde la línea entre “interior-exterior” sea fácilmente degradable. Esto es lo que da origen a la distribución espacial de la Figura 9.

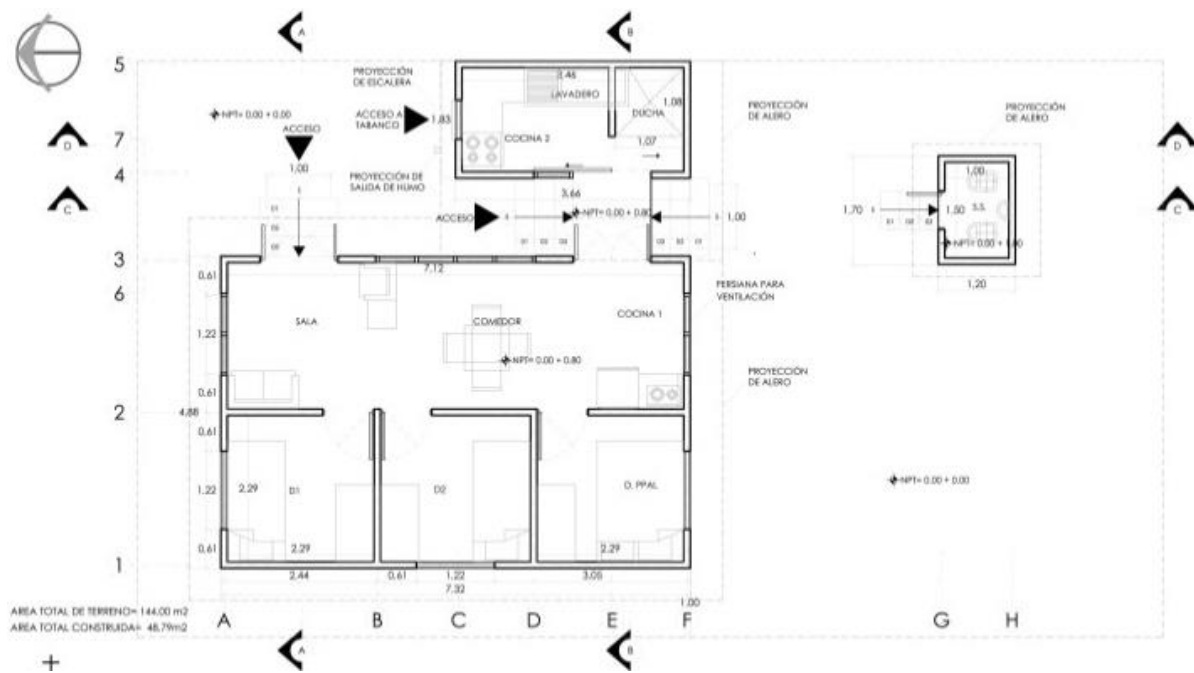


Figura 9. Distribución espacial

Haciendo uso de persianas al exterior y grandes aperturas se logra ventilar pasivamente la unidad y aumentar el número de horas de confort posibles al interior de la edificación (Figura 10).



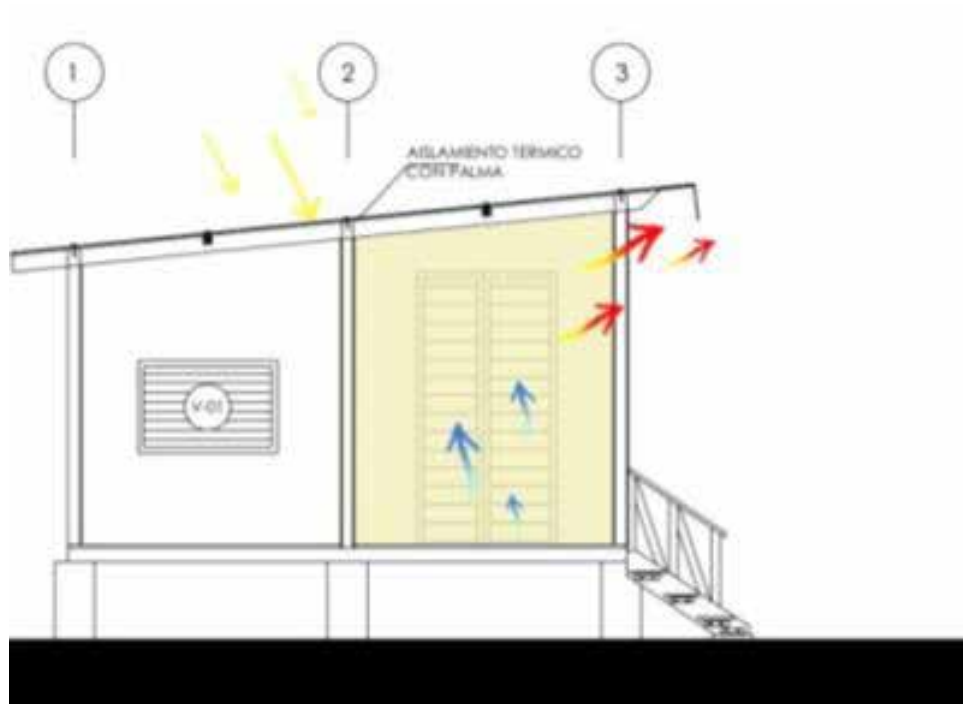


Figura 10. Sistema de ventilación pasivo

La ventaja que presenta esta tipología de vivienda sobre las opciones comunes de vivienda de costo mínimo es la integración natural que tiene con su entorno circundante. Al tratarse de una vivienda pensada para responder a las necesidades rurales, y no adaptarlas a un modelo ciudadano; sigue la filosofía de los grupos humanos que habitan en esta condición y se convierte en el modelo presentado (figura 11).



Figura 11. Vista frontal de vivienda.

### 3) Propuesta de salón de usos múltiples

La última propuesta del trabajo la compone el Salón de usos múltiples o SUM; un espacio flexible con paredes móviles diseñado para ser utilizado como albergue en caso de emergencias y casa comunal en cualquier otra situación. Se compone básicamente de un espacio adaptable por medio de divisiones ligeras y un área de servicios y cocina como se observa en la figura 12.

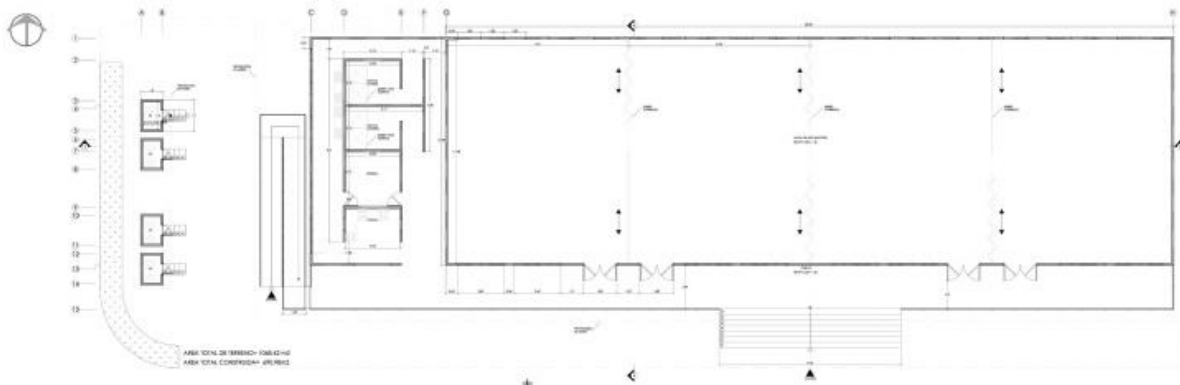


Figura 12. Distribución en planta de SUM

Al igual que la vivienda, se encuentra compuesto de unidades modulares, con la finalidad de reducir los costos y poder fabricar algunas de sus partes incluso dentro de los procesos de las primeras mencionadas como se observa en la figura 13.

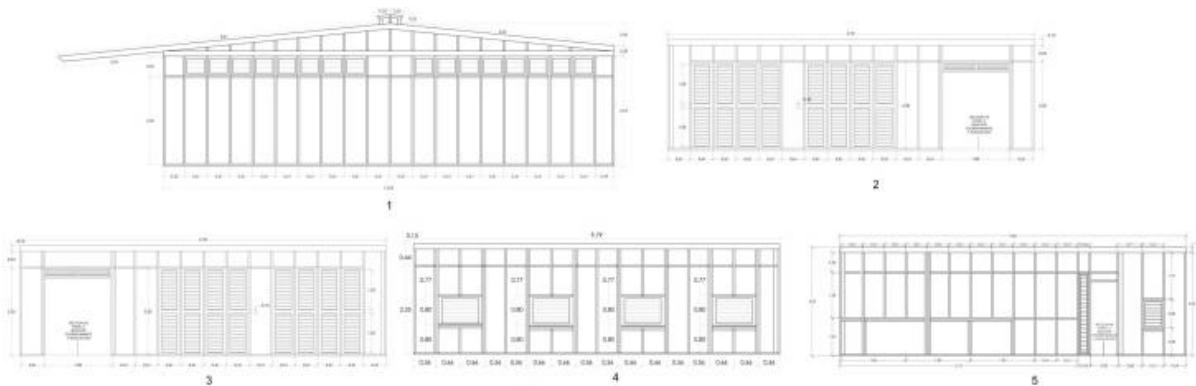


Figura 13. Elementos modulares en SUM

La posición del SUM respecto a la distribución urbana le permite ser accesible rápidamente en caso de emergencia para toda la comunidad y comportarse además como un punto de evacuación rápida para minimizar los riesgos a los cuales se ve sometida la población como se aprecia en la figura 16.



Figura 14. SUM en diagrama de conectividad, las calles más conectadas coinciden con su ubicación propuesta.

Finalmente es importante hacer una mención de las medidas cautelares con que cuenta este espacio en caso de inundación, pues su elevación es de 1.60 sobre nivel del suelo (el doble de la unidad de vivienda) la figura 14 nos muestra la vista principal de la estructura.



Figura 14. Vista principal de SUM

## CONCLUSIONES

La importancia de los diseños desarrollados bajo la metodología de diseño participativo radica en acercar a los profesionales formados a la realidad de los sectores más olvidados de la sociedad y para quienes erróneamente se considera que el diseño es un lujo; actitud que se refleja en espacios de poca o nula calidad espacial y sin ninguna distinción que componen tipologías “aceptadas” de viviendas con espacios mínimos de modelos que responden a las necesidades de nadie y se escudan pobremente en una “realidad económica”.

Este hecho ha sido particularmente sufrido por la vivienda rural, que no se considera dentro de sus dimensiones verdaderas y es observada como pobre copia de su contraparte urbana; cuando debería existir respeto por la estrecha relación que sus habitantes aún conservan con la naturaleza. *Integración y porosidad*, guías conceptuales del proyecto con preferencia por elementos sustentables y con respeto por el ambiente, son los factores que deben guiar el futuro de nuestros desarrollos sociales rurales e incluso urbanos.

Esta afirmación es válida pues se fundamenta en valores esenciales que de un modo u otro comparten todos los seres humanos; como la necesidad de formar lazos afectivos, y la búsqueda del beneficio de nuestro cuerpo y mente, siendo campo fértil para la acción del diseñador.

Proyectos como este, fuera de su innegable valor social; desde una perspectiva técnica ilustran nuevos enfoques, potenciando las capacidades de autoconstrucción innatas de estas comunidades; haciendo uso de materiales que les son conocidos o similares a los que normalmente utilizan y que durante años, de manera inconsciente han aplicado en sus viviendas; permitiendo refinar sus habilidades e incrementando sus oportunidades de desarrollo por medio de oficios técnicos, respondiendo al mismo tiempo a condicionantes ambientales específicas como son las inundaciones y proponiendo elementos particulares para la protección de las comunidades.

En vista de esto podemos confirmar que el objetivo implícito del proyecto (brindar una mejor calidad de vida a la población de zonas de riesgo, representada en este caso por los integrantes de la pre cooperativa) ha sido cumplido y ofrece una nueva perspectiva para el desarrollo de proyectos sociales, haciendo uso de un lenguaje arquitectónico propio, accesible y mucho más sensible con las necesidades de nuestras poblaciones, otorgando herramientas que les permiten en una medida más amplia suplir ellos mismos sus propias necesidades y tomar un rol más activo en el control de su destino.-

## BIBLIOGRAFÍA

(UN-Habitat), *United Nations Human Settlements Programme. (2011). Cities and climate change : Global report on human settlements. Nairobi, Kenya: Gutenberg Press.*

ainhoa. (s.f.). *Arquitectura Sostenible. Recuperado el 13 de Mayo de 2013, de <http://www.arquitectura-sostenible.org/energia/>*

Antonio Baño Nieva. (s.f.). LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA: TÉRMINOS NUEVOS, CONCEPTOS ANTI-GUOS. . Recuperado el 13 de Mayo de 2013, de [https://portal.uah.es/portal/page/portal/epd2\\_asignaturas/asig253021/informacion\\_academica/Introducci%F3n%20a%20la%20construcci%F3n%20sostenible%20l.pdf](https://portal.uah.es/portal/page/portal/epd2_asignaturas/asig253021/informacion_academica/Introducci%F3n%20a%20la%20construcci%F3n%20sostenible%20l.pdf)

Architecture 2030. (2013). 2030 Palette. Recuperado el 6 de Octubre de 2013, de <http://2030palette.org/>

Autodesk. (2011). Autodesk: Sustainability Workshop. Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, de <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/>

BLOGALFARO. (s.f.). Arquitectura Sostenible. Recuperado el 13 de Mayo de 2013, de <http://arquitectura-sostenible.blogspot.com/>

Ching, F. (2007). *Architecture: Form, space, and order*. Hoboken, New Jersey: Wiley & Sons, Inc.

Ching, F. (2008). *Building construction illustrated*. Hoboken, New Jersey: Wiley & Sons, Inc.

Cisneros, A. (s.f.). *Documento del laboratorio del Habitat Popular N° 1. Antiguo Cuscatlan, San Salvador: Editoriales UCA.*

Cisneros, A., & Rodriguez, L. (2010 (3° reimpresión)). *Tecnología en construcción procesos constructivos*. Antiguo Cuscatlan, San Salvador: Editoriales UCA.

Department of city planning city of New York. (Junio de 2013). *Designing for flood risk*. Nueva York, Nueva York, Estados Unidos de Norte America.

Department of city planning city of New York. (Junio de 2013). *Urban waterfront adaptive strategies*. New York, New York, Estados Unidos de Norte America.

Ellin, N. (2006). *Integral Urbanism*. Nueva York, Estados Unidos: Routledge.

Engel, H. (1997, (4ta Edición de 2009)). *Structure Systems*. Ostfildern, Alemania: Hajte Cantz.

Fritz, A. (s.f.). *Centro de transferencia tecnológica de la madera*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2013, de [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL). (2004). *Carta urbana N°120: Cooperativismo de vivienda por ayuda mutua modelo Uruguayo*. Ciudad Delgado, San Salvador: FUNDASAL.

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL). (25 de Noviembre de 2004). *Inicio al diseño participativo*. Ciudad Delgado, San Salvador.

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL). (s.f.). *Carta urbana N°150: Construyendo un modelo cooperativo en El Salvador por la vivienda y la ciudadanía activa*. Ciudad Delgado, San Salvador.

Gobierno de El Salvador. (21 de Febrero de 1951 (Reforma de 1991)). Sitio oficial de Viciministerio de vivienda y desarrollo urbano (VMDU). Recuperado el 14 de Noviembre de 2013, de [evivienda.gob.sv](http://evivienda.gob.sv)

Grupo TecmaRed. (s.f.). Construible. Recuperado el 13 de Mayo de 2013, de <http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?c=18&m=21&idm=161&n2=20>

Hillier, B. (2007). *Space is the machine*. Londres, Reino Unido: Space Syntax.

Hillier, B., & Vaughan, L. (2007). *The city as one thing*. *Progress in planning* 67, 205-230.

International Living Future Institute. (2012). *Living building Challenge 2.1: A visionary path to a restorative future*. Seattle, WA: International Living Future Institute.

Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. New York : Random House.

Loughborough University Adaptable Futures Research Group. (s.f.). *Adaptable Futures: Extending the life of our built environment*. Recuperado el 08 de Septiembre de 2013, de <http://adaptablefutures.com/>

Materia. (s.f.). *Materia*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2013, de <http://www.materia.nl/>

Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 14 de 10 de 2013, de Real Academia Española: <http://rae.es/>

Salvador, G. d. (s.f.). Viciministerio de vivienda y desarrollo urbano (VMDU). Obtenido de [evivienda.gob.sv](http://evivienda.gob.sv)

Sección de diseño. Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL). (18 de Septiembre de 2013). *Metodología de diseño participativo en comunidades*. Ciudad Delgado, San Salvador, El Salvador.

US Green Building Council. (s.f.). LEED. Recuperado el 13 de Mayo de 2013, de <http://www.usgbc.org/leed/why-leed>

Viqueira, M., Castrejón, A., Freixanet, V., Espinosa, G., Velázquez, V., José, G., y otros. (2002). *Introducción a la arquitectura bioclimática*. Mexico, D.F.: Editorial Limusa.

Yeang, K. (1995). *Proyectar con la naturaleza: bases ecologicas para el proyecto arquitectonico*. Barcelona: Gustavo Gili

**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Administrando la producción  
arquitectónica con la nueva  
herramienta BIM.  
Justificación de una UEA  
optativa para la carrera de  
arquitectura en la  
UAM Azcapotzalco.**

Arq. Tomás Enrique Sosa Pedroza  
Mtra. Carolina Sue Andrade Díaz  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA





# Administrando la producción arquitectónica con la nueva herramienta BIM. Justificación de una UEA optativa para la carrera de arquitectura en la UAM Azcapotzalco

**Arq. Tomás Enrique Sosa Pedroza**

tesp@correo.azc.uam.mx

**Mtra. Carolina Sue Andrade Díaz**

andrade.sue@gmail.com

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

## ABSTRACT

This paper defines BIM's methodology and the importance of the executive project manager in the construction of contemporary architectural work, and the profile of staff required for the methodology.

As a conclusion, proposes an analysis between each of the stages of the traditional work management versus BIM management.

## KEYWORDS

Management, executive project, BIM

## **RESUMEN**

El artículo define la metodología BIM, resalta la importancia del administrador en el proyecto ejecutivo en la construcción de la obra arquitectónica contemporánea, así como el perfil del personal necesario para la metodología.

Así mismo desarrolla una comparación entre cada una de las etapas de la administración de obra tradicional vs la administración de obra a través de BIM, así como sus diferentes dimensiones.

## **PALABRAS CLAVE**

Administración, proyecto ejecutivo, BIM

## INTRODUCCIÓN

El quehacer de la praxis arquitectónica moderna ha sufrido modificaciones substanciales en los últimos años, debido a cambios radicales en los métodos de diseñar y debido a las nuevas tecnologías ofertadas al mercado actual de la construcción, pero a pesar de ello la esencia de la arquitectura de proporcionar un hábitat al usuario que sea confortable, sólido, útil y atractivo, permanece vigente.

La gestión de la producción arquitectónica, desde sus etapas de conceptualización hasta la conclusión de la edificación ha ido cambiando por nuevos parámetros impuestos por la sociedad; como los sistemas constructivos con tecnología de punta e industrializados, los métodos recientes de orden, control y de dirección derivados de las ciencias administrativas y la evolución tan vertiginosa de los programas de cómputo derivados de las ciencias de la información y comunicación existentes en el mercado actual.

Debido a estos recientes parámetros, la realidad profesional del mercado mexicano, tanto del diseñador como del constructor, se ha visto modificado al incorporar en sus métodos de producción a las nuevas tecnologías como herramientas básicas en el trabajo cotidiano y en la administración de la producción. Igualmente en términos de cambio, el mercado actual de la arquitectura subraya con mayor énfasis la necesidad de distinguir los conceptos de diseño arquitectónico y construcción arquitectónica.

A la actividad de administrar el diseño arquitectónico lo describiremos como el proceso de planear, organizar, controlar y dirigir adecuadamente el espacio confinado y necesario para el hábitat humano, en donde se deduce que el espacio construido para el uso humano es un producto artificial. Y a la actividad de administrar la producción constructiva de lo arquitectónico la describiremos como el proceso de planear, organizar, controlar y dirigir para construir lo diseñado y consolidado en el proyecto ejecutivo.

En la realización de este artículo nos enfocaremos en el análisis de las nuevas formas de administrar la producción arquitectónica, en como las nuevas tecnologías inciden en la construcción y en como redirigir el conocimiento de la administración de los alumnos de arquitectura de la UAM-Azc.

Siguiendo los fundamentos antes mencionados, la actividad de administrar la producción de lo arquitectónico es un proceso en el que intervienen cuatro diferentes fases: planear, organizar, controlar y dirigir. En la figura no. 1 se encuentran definidas cada una de las funciones del proceso de administración de una obra.

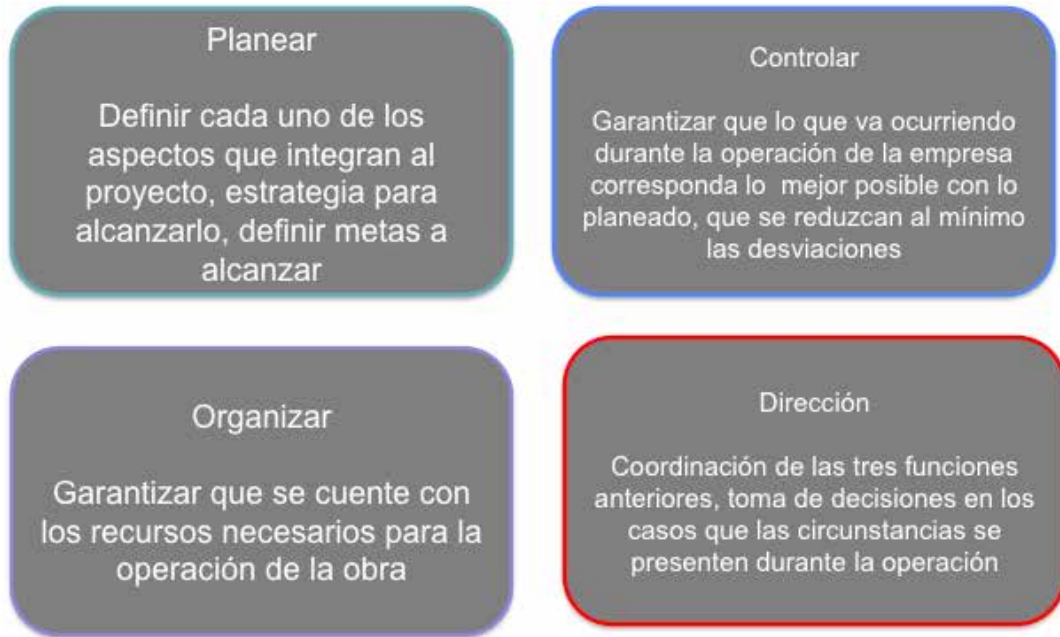


Figura 1. Proceso de administración de obra. Fuente: elaboración propia

## LA ADMINSTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ARQUITECTÓNICA

En nuestro planteamiento el proceso de desarrollo de cualquier objeto de arquitectura, desde su conceptualización hasta la operación, comprende cuatro fases, todas ellas lineales y secuenciadas:



Figura 2. Fases de la producción arquitectónica

En este diagrama de producción del objeto arquitectónico, la etapa específica de la construcción requiere de variados componentes, tanto de organización como de información, para su correcta administración.

- **Estructura organizacional técnico-administrativa (organigrama de obra)**
- **Información técnica, administrativa y legal (El proyecto ejecutivo)**
- **Componentes ejecutivos y legales de comunicación (Representación gráfica integral)**

**Estructura organizacional.**- La etapa correspondiente a la construcción de lo proyectado adquiere una significancia mayor del producto arquitectónico, en virtud de que los recursos necesarios para ejecutarla como los financieros, los humanos, materiales, y así como el tiempo y la cantidad de actores externos como; proveedores, autoridades municipales y personal técnico y administrativo de la propia obra. En un estimado general se considera que de toda la cantidad de recursos destinados para la consecución de la edificación se destina del 80% al 85% para esta etapa, de ahí la importancia del buen manejo de los recursos involucrados.

En la práctica constructiva de nuestro país a la figura legal encargada de la construcción y por lo tanto de la administración de la obra se le conoce como residente de obra, cuyo perfil profesional debe de ser de marcada experiencia, alta capacidad técnica y de altos valores éticos.

Al residente de obra se le puede definir como:

*“ El profesionalista con conocimientos de diseño arquitectónico y de ingeniería que ejecuta al pie del lugar del trabajo, el proceso construcción de una obra arquitectónica, ya sea de edificación o de urbanización y que a través de los métodos de las ciencias de la administración, planea,, organiza, ejecuta, controla, supervisa y liquida todas las etapas de las que ésta consta.”*

**El proyecto ejecutivo.**- Igualmente por consideraciones legales, en el entorno nacional prevalece un documento que norma la construcción de la obra arquitectónica llamado proyecto ejecutivo. El proyecto ejecutivo permite al residente lograr los objetivos organizacionales impuestos en toda obra de arquitectura, tanto para obra pública como privada, como son el construirla en el menor tiempo posible, al menor costo posible y en las condiciones de calidad planteados por el diseñador.

En nuestra experiencia podemos definir al proyecto ejecutivo como:

*El proyecto ejecutivo es el instrumento rector de la obra arquitectónica en su etapa de construcción, que contiene la información del tipo técnico, de orden, administrativa y normativa, proporcionada de forma veraz, clara, completa y oficializada, y cuyo objetivo fundamental es suministrar las instrucciones necesarias y suficientes para ejecutar con exactitud y en todas sus partes la idea original del diseño.*

El proyecto ejecutivo comprende (entre otros documentos) la siguiente información, que se muestra en la Figura No. 3

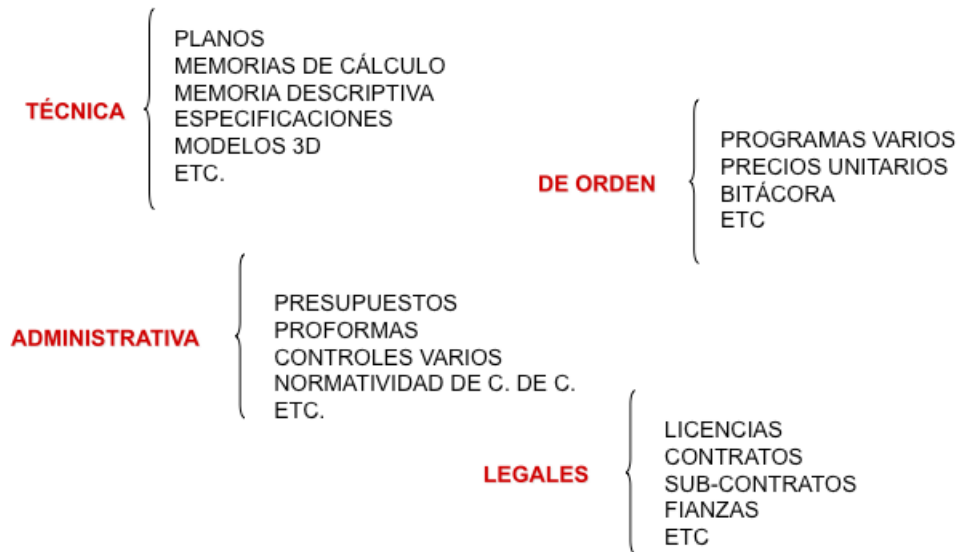


Figura No. 3 Proyecto ejecutivo y documentos integradores

**La integración de la información.**- La correcta comunicación entre los actores que ejecutan la obra siempre ha sido una problemática difícil de resolver en nuestro campo profesional de la arquitectura. Como ya se mencionó es el proyecto ejecutivo el instrumento rector de la obra y el principal componente de comunicación entre los actores de la obra, sin embargo en la realidad profesional en pocas ocasiones este documento contiene la información exacta en todas sus partes.

Esta última realidad se acentuaba cuando la integración del proyecto se hacía con los métodos tradicionales de dibujo en los que la representación gráfica se realizaba exclusivamente en dos dimensiones.

Actualmente las deficiencias en el proyecto ejecutivo pueden ser solventadas de mejor manera con el apoyo de las nuevas herramientas derivadas de los programas de cómputo. En los últimos veinte años se ha vivido una revolución en las **Tecnologías de la Comunicación e Información** que, al ser incorporadas al trabajo de diseño en arquitectura, han transformado radicalmente la disciplina de la arquitectura, y dado que el pensamiento del diseño está ligado a los medios gráficos de representación, el abanico de posibilidades se ha ampliado de manera exponencial.

A estas nuevas herramientas derivadas de las tecnologías de la comunicación e información en la actualidad podemos subrayar la inclusión del concepto del Building Information Modeling (BIM por sus siglas), que básicamente es un método para administrar a la arquitectura en todas sus etapas, pero subrayadamente eficiente en la etapa de la construcción.

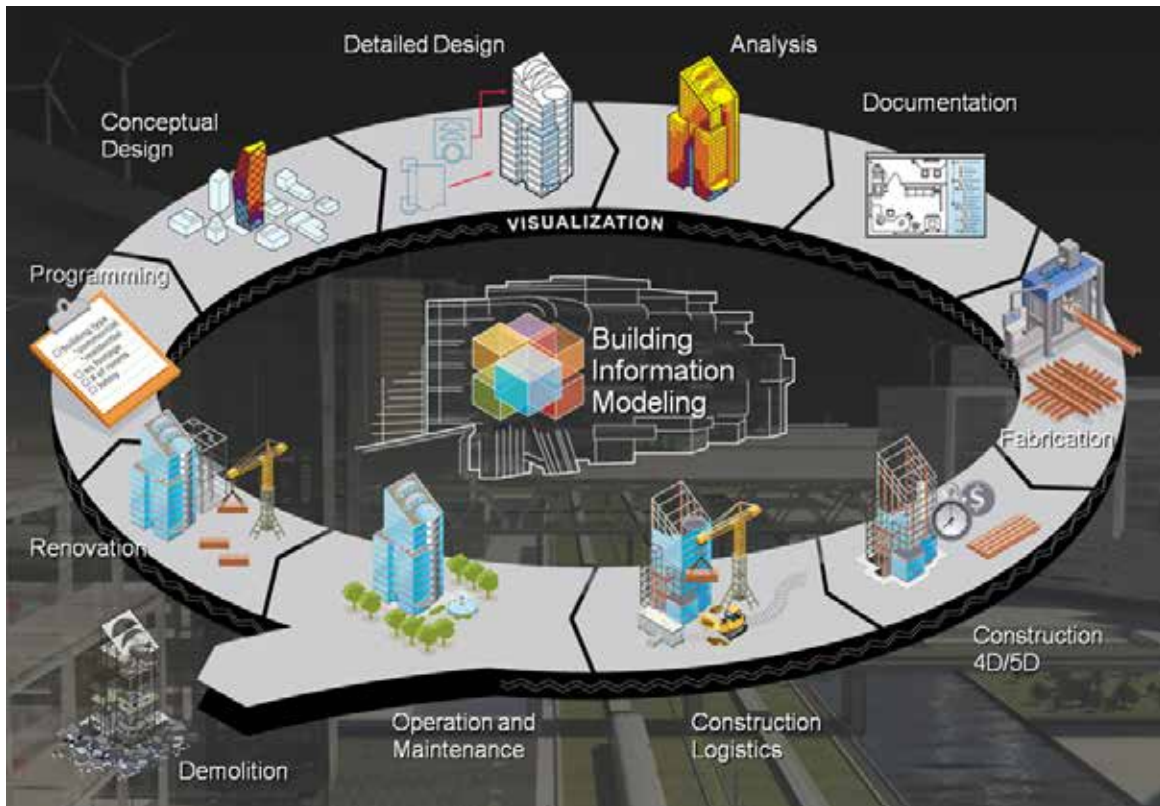


Figura no. 4 Tecnología BIM en el Proyecto Ejecutivo

Fuente: <http://www.studioseed.net/education/courses/generative-design/revit/octubre 2013>

Debido a su importancia dentro del concepto BIM se considera como una parte más dentro de la administración de la arquitectura moderna, porque permite transformar la información del proyecto ejecutivo de dos dimensiones a 3D, porque detalla los diferentes niveles de construcción en tiempo y en forma y principalmente porque compagina de manera automática toda la información planteada en el proyecto ejecutivo, tanto técnica, legal y administrativa.

El concepto BIM se deriva de la tecnología de la familia Autodesk, que conjuga el trabajo de variados programas de cómputo que permite el desarrollo de una metodología de generación y gestión de las representaciones digitales de las características físicas y funcionales de espacios arquitectónicos, incluyendo el factor tiempo y el dinero.

En los nuevos esquemas tecnológicos el proyecto se administra a través de la herramienta BIM, que puede ser dividida en tres sectores: BIM diseño, BIM ejecución y BIM operación.

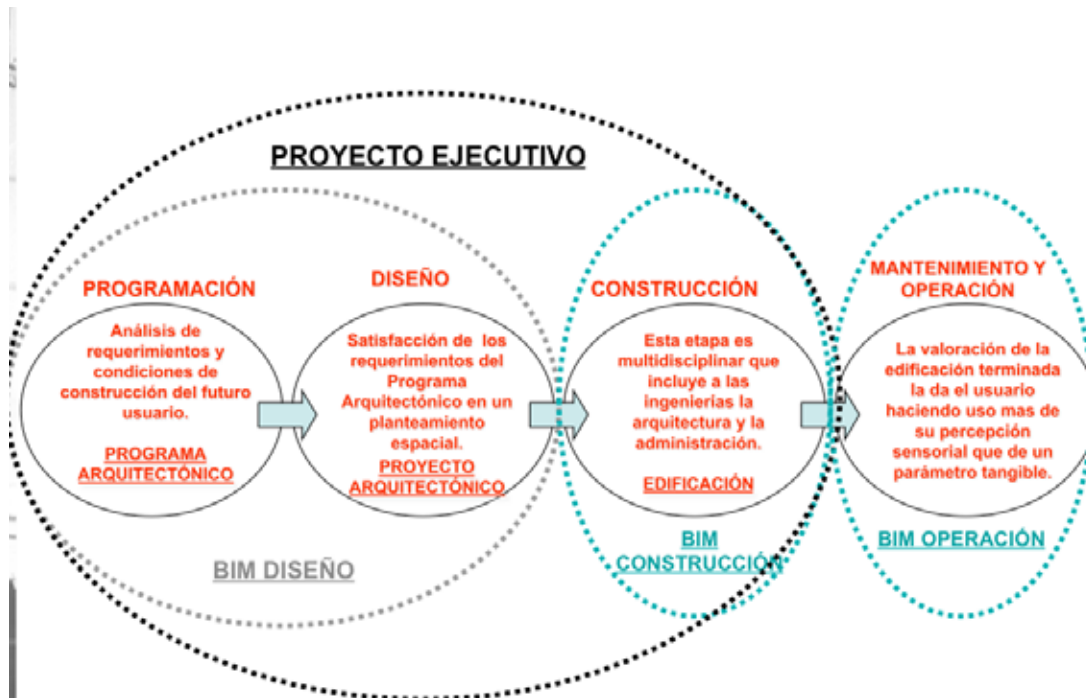
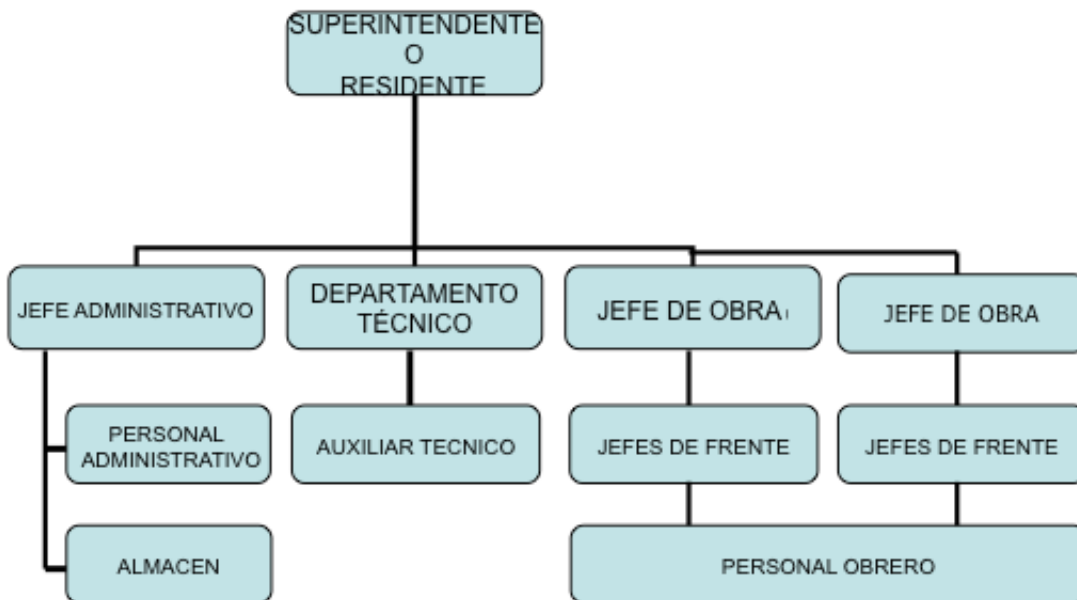


Figura No. 5 Proyecto ejecutivo a través de BIM  
 Fuente: Elaboración propia

Estos nuevos esquemas tecnológicos que han venido a modificar el proceso de diseño también han modificado el esquema organizacional de la obra fundamentalmente en el perfil profesional de la gente encargada de su ejecución.

En el organigrama típico de una obra la división lógica, óptima y ordenada asigna funciones técnicas y administrativas a cada uno de los integrantes.





	ACTIVIDADES TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN	ACTIVIDADES DE ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN
SUPERINTENDENTE O RESIDENTE DE OBRA	20 %	80 %
JEFE DE OBRA	50 %	50 %
JEFE DE FRENTE	80 %	20 %
DPTO. TÉCNICO	0 %	100%

Figura No. 6 Organigrama y distribución de las funciones.  
 Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar el llamado departamento técnico es el que tiene mayor injerencia en las actividades de control y planeación de la productividad, de avances y cobros, por lo tanto este es **el sitio natural para la ubicación de los nuevos cambios administrativos que integren digitalmente toda la documentación del proyecto ejecutivo.**

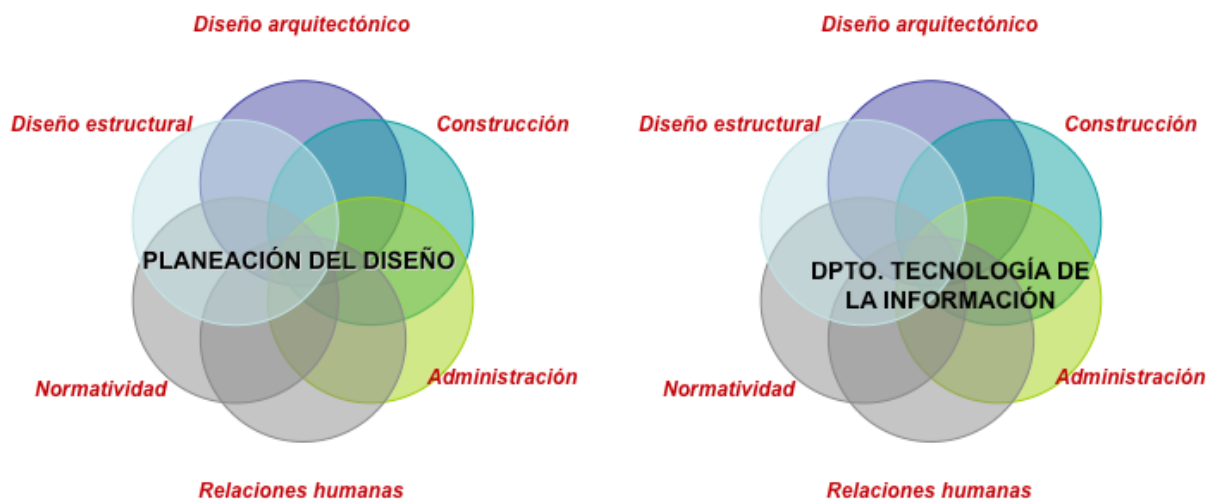


Figura No. 7 Planeación del diseño y departamento Técnico.  
 Fuente: Elaboración propia.

Con la tecnología BIM el perfil del líder del **Dpto. de tecnología de la información** deberá modificarse con tendencia hacia conocimientos mas amplios sobre programas de cómputo enfocados a diseño y construcción.

## LA ADMINISTRACIÓN DE OBRAS EN LA UAM-AZC. EN TORNO A BIM

Si contrastamos las habilidades que requiere actualmente un constructor en el mercado profesional, con los conocimientos impartidos en la carrera de arquitectura de la UAM-Azc sobre la temática de la administración a través de BIM nos podemos dar cuenta que son nulos y la comparativa todavía se hace más alarmante cuando se hace con otras instituciones universitarias y tecnológicas del país.

Para la realización de este análisis, se revisaron los planes de estudio de 12 Instituciones de Educación Superior (IES) en México que han estado dentro del ranking de las mejores universidades<sup>1</sup>, y que se enlistan de acuerdo a un estudio realizado a estudiantes, empleadores y a la misma Universidad, las cuales se describen en el siguiente apartado.

Universidad	Nombre de la UEA	Tipo de UEA	Ubicación en el plan de estudio	Duración
UAM Azcapotzalco	Administración de Obras y Proyectos I y II	Obligatoria	9º y 10º trimestre (5º semestre)	2 trimestres
UAM Xochimilco	Materialización de la arquitectura I y II	Obligatoria	8º semestre trimestre (4º semestre)	2 trimestres
UNAM-FES Aragón	Administración de la Construcción	Optativa	7º u 8º semestre	1 semestre
	Análisis de costos en la construcción	Optativa	7º u 8º semestre	1 semestre
	Legislación de la arquitectura	Optativa	7º u 8º semestre	1 semestre
	Residencia y supervisión de la construcción	Optativa	7º u 8º semestre	1 semestre
	Avalúo inmobiliario	Optativa	7º u 8º semestre	1 semestre
UNAM-CU	Administración I, II y III	Obligatoria	5º al 7º semestre	3 semestres
IPN-ESTIA Tecamachalco	Procedimientos constructivos y costos I y II	Obligatoria	3º y 4º semestre	2 semestres
	Administración de obra	Obligatoria	4º semestre	1 semestre
	Legislación de la construcción	Obligatoria	5º semestre	1 semestre
	Desarrollo profesional	Obligatoria	6º semestre	1 semestre
	Legislación, concurso y Normatividad de la Ley de Obra	Obligatoria	6º semestre	1 semestre
	Efectos de la globalización en la Administración y gestión urbana	Optativa	4º semestre	1 semestre
	Gerencia de proyectos	Optativa	4º semestre	1 semestre
	Gerencia de proyectos	Optativa	6º semestre	1 semestre
UIA	Marco legal mexicano en la arquitectura	Obligatoria	6º semestre	1 semestre
	Introducción a los negocios	Obligatoria	7º semestre	1 semestre
	Planeación y control de obra	Obligatoria	8º semestre	1 semestre
	Finanzas en la arquitectura I	Obligatoria	9º semestre	1 semestre
	Finanzas en la arquitectura II	Obligatoria	10º semestre	1 semestre
ITESM	Emprendimiento	Obligatoria	6º semestre	1 semestre
	Costos de construcción	Obligatoria	7º semestre	1 semestre
	Administración de obra	Obligatoria	8º semestre	1 semestre
	Gestión empresarial de la industria de la construcción	Obligatoria	10º semestre	1 semestre
UVM San Rafael	Análisis de costos en la construcción	Obligatoria	7º semestre	1 semestre
	Costos de obra por computadora	Obligatoria	8º semestre	1 semestre
	Presupuestos	Obligatoria	8º semestre	1 semestre
	Gestión de empresas constructoras	Obligatoria	9º semestre	1 semestre
Anahuac Norte	Administración del despacho del arquitecto	Obligatoria	7º semestre	1 semestre
	Aspectos legales de la construcción	Obligatoria	7º semestre	1 semestre
	Promoción inmobiliaria	Obligatoria	8º semestre	1 semestre
	Dirección técnica de obra	Obligatoria	9º semestre	1 semestre
	Obras por administración	Obligatoria	9º semestre	1 semestre
	Taller de promoción inmobiliaria	Obligatoria	9º semestre	1 semestre
UDLAP	Costos de construcción	Obligatoria	8º semestre	1 semestre
	Planeación y control de obra	Obligatoria	9º semestre	1 semestre
	Promoción inmobiliaria	Obligatoria	9º semestre	1 semestre

1 Se analizaron las UEAs que tuvieran relación con los objetivos y los contenidos relacionados con las temáticas de Administración de la arquitectura, así como el trimestre o semestre en el que se imparten, su duración y si es una UEA obligatorioptativa.

<http://mejoresuniversidadesdemexico.mx/> Fecha de consulta: 16 de junio de 2014

UPAEP	Organización y Administración de obras	Obligatoria	9º semestre	1 semestre
	Gestión de obra pública	Obligatoria	9º semestre	1 semestre
	Modelo emprendedor	Obligatoria	9º semestre	1 semestre
	Administración de proyectos de construcción	Optativa		1 semestre
	Formulación y evaluación de proyectos de construcción	Optativa	10º semestre	1 semestre
ITESO	Administración y presupuestos de obra	Obligatoria	5º semestre	1 semestre
	Factibilidad y evaluación de proyectos del hábitat	Obligatoria	7º semestre	1 semestre
	Gestión de proyectos del hábitat	Obligatoria	7º semestre	1 semestre
	Teoría contable	Optativa	7º semestre	1 semestre
	Gestión de la mercadotecnia y el comercio	Optativa	8º semestre	1 semestre

Conforme al cuadro la ESIA perteneciente al IPN-Tecamachalco tiene la mayor oferta dentro de su plan de estudios sobre contenidos relacionados con administración a lo largo de la licenciatura en arquitectura, con 10 UEAs (5 obligatorias y 5 optativas) en todo el plan de estudios, iniciando en el 3º semestre y concluyendo en el 6º semestre.

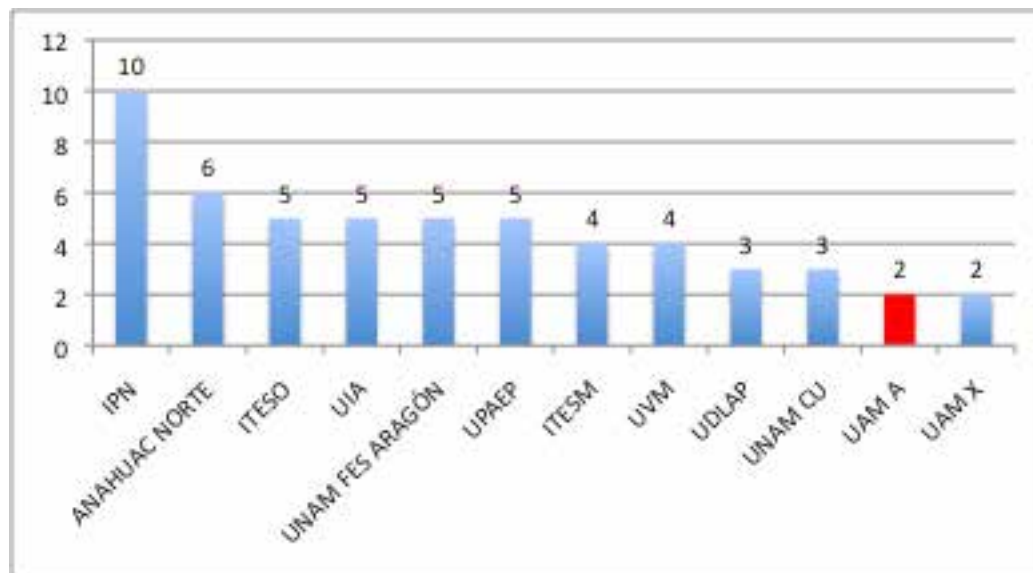


Figura No. 9 Distribución de UEA's relacionadas a la gestión del diseño.

Fuente: Elaboración propia

Y en base al segundo cuadro nos podemos dar cuenta que la UAM, tanto en sus campus de Azcapotzalco como Xochimilco, es la institución que el menor número de UEAs relacionadas con la administración.

A través de las comparativas nos podemos dar cuenta de la urgencia que se tiene en la UAM de modificar la tendencia actual del conocimiento administrativo de la arquitectura dentro de nuestra licenciatura, puesto que en el currículo actual solo se ofrecen dos UEAs con una duración de dos trimestres de 4.5 horas semanales cada una, y sin opciones de optativas (según la lista proporcionada por el coordinador de la carrera en el trimestre 15-I).

Igualmente es subrayable que en el contenidos de las dos UEAs de administración la temática BIM no se encuentra incluida.

## CONCLUSIONES

En la realidad profesional del campo mexicano de la construcción la temática BIM ya está presente y en la realidad académica de algunas instituciones de educación superior también, es por eso que en la pertinencia del tema se considere dentro del plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura en la división CyAD una UEA con temática BIM, pudiéndose ser incluida en lo inmediato dentro del catálogo de optativas.

En específico, para efectos en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Arquitectura y de su relación con la administración, debido a la evolución de los procesos tecnológicos y su velocidad de penetración en el mercado, nos obligan como universidad a transmitir, de forma fiel y justo en este momento, el conocimiento BIM.

Consideramos que a través de la nueva UEA los estudiantes de la licenciatura se fortalecerán en sus habilidades emprendedoras, gerenciales y directivas, que les permita gestionar de mejor forma su proyecto constructivo, y desenvolverse con mayores habilidades directivas en la empresa donde ofrecen sus servicios profesionales o en su propia empresa; y de esta forma coadyuvar a la misión de la División de Ciencias y Artes para el Diseño de la UAM-A, que es el formar especialistas e investigadores competitivos con habilidades, destrezas y conocimientos que les permitan tener una actitud crítica, capacidad creativa y con una visión holística para la solución de problemas vinculados a las necesidades de la sociedad.

## BIBLIOGRAFÍA

*<http://www.autodesk.es/products/autodesk-revit-family/overview>*

*<http://www.studioseed.net/education/courses/generative-design/revit/>*

*Suárez Salazar, Carlos, Manual de costos y precios en la construcción, Editorial*

*Limusa., 1993, México, D. F.*

*Suárez Salazar, Carlos, Costos y tiempos de edificación, Editorial Limusa., 1990, México, D. F.*

*Suárez Salazar, Carlos, Administración de empresas constructoras, editorial Limusa,*

### Referencias electrónicas.

#### ANAHUAC

S/F Arquitectura. Disponible en [http://pegaso.anahuac.mx/preuniversitarios/licenciatura.php?ld\\_licenciatura=15](http://pegaso.anahuac.mx/preuniversitarios/licenciatura.php?ld_licenciatura=15)

#### EL UNIVERSAL

S/F Las mejores Universidades de México. Disponible en <http://mejoresuniversidadesdemexico.mx/>

#### IPN

S/F Ingeniería en Arquitectura. Disponible en <http://www.ipn.mx/educacionsuperior/Paginas/Ing-Arq.aspx>

#### ITESM

S/F Arquitectura. Disponible en <http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/itesm/tecnologico+de+monterrey/carreras+profesionales/areas+de+estudio/arquitectura/arq>

#### ITESO

S/F Arquitectura. Disponible en <http://www.arquitectura.iteso.mx/>

#### UAM –A

S/F Arquitectura. Disponible en <http://www.cyad.azc.uam.mx/MenuLateral/Lic/Arquitectura.php>

S/F PROGRAMAS DE LA LIC. ARQUITECTURA. Disponible en [http://www.cyad.azc.uam.mx/Alumnos/ProgramasTGA\\_ARQ.php](http://www.cyad.azc.uam.mx/Alumnos/ProgramasTGA_ARQ.php)

S/F Programa de Estudios Licenciatura en Arquitectura. Disponible en [http://www.azc.uam.mx/cyad/Docencia/pdfArq/TP\\_pdf/141443.pdf](http://www.azc.uam.mx/cyad/Docencia/pdfArq/TP_pdf/141443.pdf)

S/F Programa de Estudios Licenciatura en Arquitectura. Disponible en [http://www.azc.uam.mx/cyad/Docencia/pdfArq/TP\\_pdf/141443.pdf](http://www.azc.uam.mx/cyad/Docencia/pdfArq/TP_pdf/141443.pdf)

S/F Egresados. Disponible en [http://www.azc.uam.mx/sieee/Respaldo/index\\_archivos/Resultados/egresados.htm](http://www.azc.uam.mx/sieee/Respaldo/index_archivos/Resultados/egresados.htm)

#### UAM –X

S/F Plan de estudios. Disponible en [http://www.uam.mx/licenciaturas/pdfs/17\\_3.pdf](http://www.uam.mx/licenciaturas/pdfs/17_3.pdf)

#### UDLA

S/F Licenciatura en Arquitectura. Disponible en <http://www.udlap.mx/ofertaacademica/planestudios.aspx?cvecarrera=LAR>

#### UIA

S/F Licenciatura en Arquitectura. Disponible en <http://www.uia.mx/web/site/tpl-Nivel2.php?menu=adAspirantes&seccion=LArquitectura>

UNAM CU

S/F Licenciatura en Arquitectura. Disponible en [http://fa.unam.mx/lic\\_arquitectura/](http://fa.unam.mx/lic_arquitectura/)

UNAM FES ARAGON

S/F Arquitectura. Disponible en <http://www.aragon.unam.mx/unam/oferta/licenciatura/58arquitectura.html>

UPAEP

S/F Arquitectura. Disponible en [http://www.upaep.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=144&Itemid=167](http://www.upaep.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=144&Itemid=167)

UVM

S/F Licenciatura en Arquitectura. Disponible en <http://www.uvmmexico.mx/licenciatura-en-arquitectura>

**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**La aplicación de BIM en los  
sistemas constructivos y  
estructurales.  
Caso de estudio: La formación  
del arquitecto con un enfoque  
hacia la empresa.**

**Dra. Rosa Elena Álvarez Martínez  
Mtra. Carolina Sue Andrade Díaz  
Mtra. María Teresa Bernal Arciniega  
Mtro. Carlos Angúlo Álvarez  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**





## La Aplicación de BIM en los Sistemas Constructivos y Estructurales. Caso de estudio: La formación del arquitecto con un enfoque hacia la Empresa.

**Dra. Rosa Elena Álvarez Martínez**

ream@correo.azc.uam.mx

**Mtra. Carolina Sue Andrade Díaz**

andrade.sue@gmail.com

**Mtra. María Teresa Bernal Arciniega**

charquis1@hotmail.com

**Mtro. Carlos Angúlo Álvarez**

caa@correo.azc.uam.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

### ABSTRACT

In the process of planning and executing an Architectural Work and predicting its results and the life span of its construction, it is suitable to establish a process of Design Management directed to the project itself focused towards the company, based in the Information and Communication Technologies, by making the process through the BIM Model (Building Information Modeling). The problematic situation of this investigation is founded in the objectives of the group that is developing it, which belongs to the Mathematics and Structural Systems Collective; the definition of what is trying to be accomplished as a Constructive System within the project, defines how to reach the goal starting from its antecedents.

The learning process of the constructive and structural systems based on the use of Information and Communication Technologies seeks to strengthen the traditional methods of teaching, which must be based in profound considerations about the competences and skills that the work atmosphere requires of students that are majoring in Architecture and that must be developed in an entertaining manner, using simulation aspects in their own work-shops making the teaching process more effective and efficient, based in the use of them because the theoretical-practical ideas will then be strengthened.

### KEYWORDS

Constructive Systems; BIM Technology; Structural Models; Educational Strategies.

## **RESUMEN**

En el proceso de planeación y ejecución de una obra arquitectónica y para predecir resultados y el ciclo de vida de la construcción, se establecer un proceso de gestión del diseño orientado al proyecto mismo con un enfoque hacia la empresa, tomando como base las Tecnologías de la Información y Comunicación, realizando el proceso a través del Modelo BIM (Building Information Modeling). La situación problemática se fundamenta en los objetivos del grupo que lo desarrolla, perteneciente al Colectivo de Matemáticas y Sistemas Estructurales. La definición de lo que se quiere lograr como sistema constructivo dentro del proyecto determina cómo llegar a la meta a partir del análisis de antecedentes del mismo.

El aprendizaje de sistemas constructivos y estructurales con base en la utilización de las Técnicas de Información y Comunicación pretende fortalecer los métodos tradicionales de enseñanza, los cuales deben estar en función de profundas reflexiones sobre las competencias que el entorno laboral solicita a los estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura y debe desarrollarse de una forma lúdica, utilizando simulación en talleres propios para la enseñanza siendo más eficaces y eficientes con base en el empleo de las mismas, ya que se reforzarán las ideas teórico-prácticas .

## **PALABRAS CLAVE**

Sistemas Constructivos; Tecnología BIM; Modelos Estructurales; Estrategias Educativas.

## INTRODUCCIÓN

En el campo de la Arquitectura es importante promover una nueva concepción de comunicación entre los estudiantes, docentes y el campo laboral con base en la integración de la utilización de software que fortalezca el proceso de enseñanza-aprendizaje en el área de conocimiento de Sistemas Constructivos y Estructurales dentro de la Licenciatura en Arquitectura de la UAM Azcapotzalco.

Resulta imprescindible considerar también las necesidades del mercado laboral en relación al desarrollo de competencias: hacer, conocer y ser; de capacidades: lenguaje oral y escrito, la matemática y la solución de problemas; así como lograr la integración de las prácticas profesionales necesarias para entender el comportamiento estructural de un edificio, tema específico del Diseño Estructural.

Como una aproximación en el proceso de planeación y ejecución de la obra, para predecir resultados y el ciclo de vida de la construcción, se deberá establecer un proceso de gestión del diseño orientado al proyecto mismo con un enfoque hacia la empresa, por lo que se toma como base a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), realizando el proceso a través de BIM (*Building Information Modeling*)<sup>1</sup>. Salinas (2004), cita que las TIC son herramientas computacionales e informáticas que procesan, sintetizan, recuperan y presentan información representada de la más variada forma, considera que son instrumentos y materiales de construcción que facilitan el aprendizaje, el desarrollo de habilidades y de las distintas formas de aprender.

Las implicaciones consisten en incorporar los datos del diseño en una metodología conceptual de análisis y desarrollo con BIM como proceso universal. Como estructura organizacional, se pretende permitir la creación de valores; al respecto se plantea que a través de una orientación estratégica respecto a la innovación y su configuración pueda generarse un modelo para que otras instituciones sean capaces de diseñar una estrategia competitiva como la que pretendemos generar.

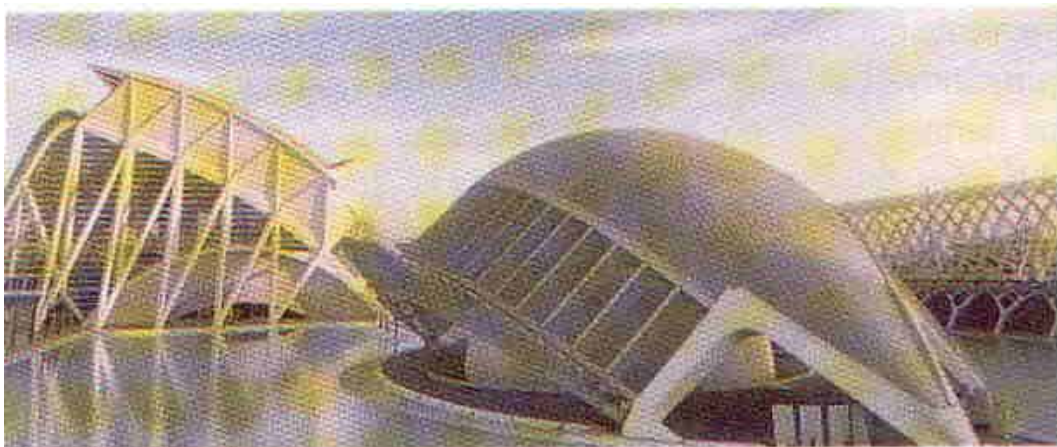


Figura 1. Formas estructurales. Fuente: <http://www.studioseed.net/education/courses/generative-design/revit/>-Fecha de consulta: marzo (2012)

1 BIM es una metodología que incorpora los datos del diseño conceptual, del diseño y análisis de los sistemas de construcción, y el desarrollo de la información de la construcción, con el objetivo de prever y predecir resultados y el ciclo de vida de la construcción, incorporando el tiempo y los costos de ejecución del proyecto. La programación de REVIT aporta un software para cada necesidad, la integración de los mismos nos lleva a la metodología mencionada.

## OBJETIVO GENERAL

Diseñar y proponer un modelo de formación profesional del universitario con un enfoque hacia un proceso de gestión del diseño encauzado al proyecto mismo con orientación hacia la empresa, tomando como base las Tecnologías de la Información y Comunicación y realizando el proceso a través del Modelo BIM (Building Information Modeling) y considerando el caso de Sistemas Estructurales.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Promover acciones que ayuden a hacer eficiente el proceso identificando fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, así como los recursos técnicos y de organización.
- Categorizar la formación de ordenamientos, estrategias y procesos que logren promover la vinculación entre universidad y empresa
- Proponer acciones que permitan organizar, dirigir y diversificar los procesos de enseñanza para el estudiante en formación.

## DESARROLLO

Si consideramos al diseño como la disciplina mediante la cual el ser humano despliega su capacidad para satisfacer las necesidades individuales o de grupo, resulta válido afirmar que el diseñar puede darse en un proyecto arquitectónico en general, para el caso de esta investigación referido al diseño estructural. En este sentido, se observa que desde sus orígenes la humanidad ha mancomunado su desarrollo y progreso con la creación de dispositivos técnicos y de tecnología aplicada, superando las limitaciones derivadas de sus propias características físicas.

Se diseñan objetos, espacios y material gráfico estático y dinámico. Sobre la base de las consideraciones anteriores, se infiere al diseño como la capacidad humana para generar objetos y espacios con la finalidad de satisfacer las necesidades de un grupo o conglomerado humano. Dentro de este marco de interpretación se desprende que el diseño impacta de manera directa en la calidad de vida de los seres humanos a partir del dinamismo múltiple que es capaz de desarrollar.



Figura 2. La ejecución de la obra. Fuente: Salvadori y H. (1966)

La integración de sistemas de comunicación, estrategias educativas y de aprendizaje, así como avances tecnológicos apoyados en las TIC, deja constituido el escenario donde la formación por competencias representa a los nuevos modelos de comportamiento de interés para la empresa. Por otra parte, existen nuevos Modelos de Comportamiento en las Tareas (2011)<sup>2</sup>, donde las competencias saber hacer (habilidades), saber conocer (situaciones factuales) y saber ser (a partir del sentir, y de situaciones actitudinales) son consideradas para generar habilidades a partir de métodos de análisis; el conocer a partir de diferentes modos de abordar un problema; y, el sentir a partir de determinadas condiciones emocionales, da forma a lo que una División de Recursos Humanos en una empresa, establece como prioridades.

Las posibilidades y escenarios para re-pensar y re-plantear la formación y el trabajo en campo a que debe estar obligado un estudiante en formación, son apremiantes y es él quién solicita el empleo de avances tecno-cibernéticos. Sin embargo la mayoría de las IES no incluyen en sus contenidos temáticos el empleo de software específico que sirva de apoyo para poder realizar modelos de simulación de los sistemas constructivos y estructurales, situación que impacta directamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Programas como AUTOCAD, PPLAN<sup>3</sup>, TEKLA<sup>4</sup>, XSTEEL STRUCTURES<sup>5</sup>, SAP, ROBOT MILLENIUM, CYPECAD<sup>6</sup>, REVIT integran la paquetería de Software necesaria para cursar con éxito las materias de Sistemas Constructivos y Estructurales. Se ha mencionado que esto será posible lograrlo a partir de las Tecnologías de la Información y Comunicación, aunado a la planeación y ejecución de la obra, todo a través de BIM (*Building Information Modeling*).

El gráfico de la página siguiente, es una muestra de la planeación y ejecución de obras a través de BIM.

- 2 Grupo MarrocoTM Technologies. Tareas críticas y factor de desarrollo, grupo gestión.
- 3 PPLAN, apoya el dimensionamiento de estructuras,
- 4 TEKLA, modela y analiza estructuras en hormigón y acero, despieza y automatiza conexiones,
- 5 XSTEEL STRUCTURES, diseña estructuras capaces de solucionar problemas en dos y tres dimensiones y en cualquier material,
- 6 CYPECAD, apoya las simulaciones de sistemas estructurales, así como programas gratuitos

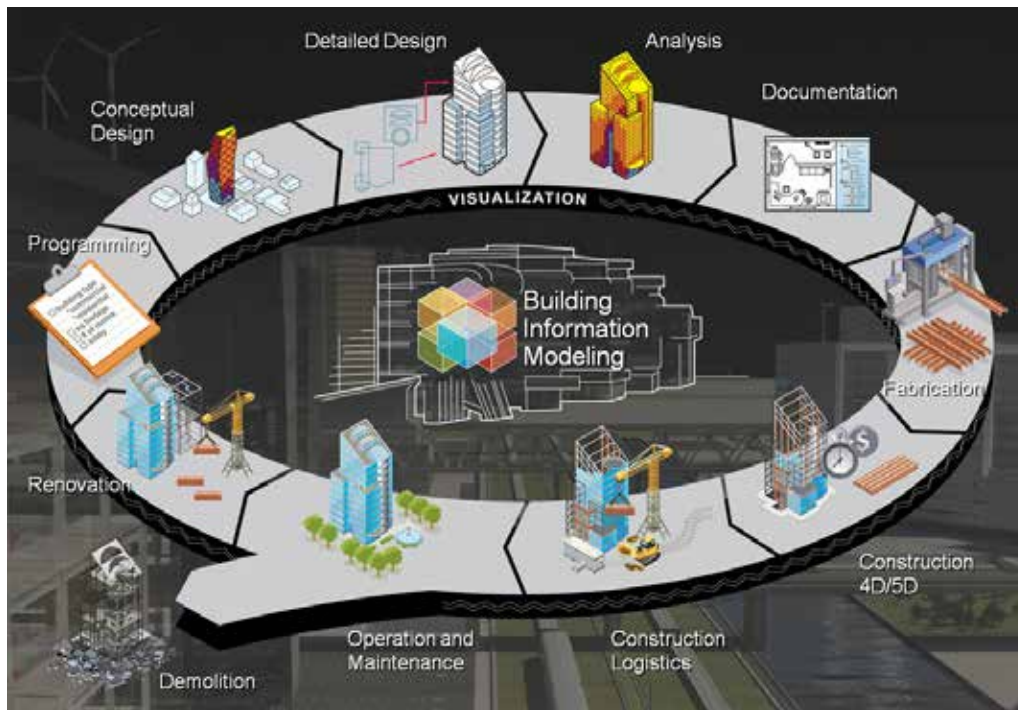


Figura 3. BIM en la planeación y ejecución de obras. Fuente: <http://www.studioseed.net/education/courses/generative-design/revit/>-Fecha de consulta: Octubre (2013)

Construyendo el proyecto con BIM se permite abatir tiempos de producción y de visualización, para lo que se requiere realizar una configuración básica de render. Antes de empezar con Revit, es necesario atender lo siguiente: Iniciar con las configuraciones iniciales del proyecto; conocer los conceptos básicos de las familias en REVIT; posterior a esto se puede realizar la creación de una plantilla del proyecto y continuar con la creación de elementos constructivos como sería: pisos, cubiertas, muros, losas, ventanas. Puertas, escaleras y rampas, así como la topografía y análisis del sitio, sin olvidar al diseño bioclimático y de instalaciones.

Existen recomendaciones que mencionan la conveniencia de que los usos BIM que inician en la fase de planeación o diseño y continúan o terminan durante la fase de construcción deberán desarrollarse de manera integrada. El procedimiento incluye evaluar las capacidades de los participantes para cada uno de esos usos, mismos que ya identificados con anterioridad, deberán evaluar la importancia, factibilidad e implicaciones de cada uno para decidir si se procede o no con su implantación.

Actualmente el desarrollo de una obra se realiza de manera fragmentada, separando a los profesionales de acuerdo a las áreas de conocimiento y esto en ocasiones se traduce en malos entendidos y disminución de la productividad. Se ha mencionado que a través de la metodología (BIM), se accede a la integración de los procesos de diseño, cálculo estructural y construcción, permitiendo la comunicación entre los equipos involucrados al proporcionar información oportuna para la toma de decisiones; una forma para poder desarrollar la gestión de un proyecto de diseño consiste en la coordinación de las áreas de soporte al incorporar instalaciones, estructura, costos y la duración de la obra.



Figura 4. Uso de REVIT en la ejecución de obras. Fuente: <http://www.studioseed.net/education/courses/generative-design/revit/>-Fecha de consulta: Abril de (2012)

El uso de modelos, genera productividad y operatividad a partir de tareas críticas donde las unidades de aprendizaje generan conjuntos de técnicas, dándose la participación activa en todos los modelos con la generación de aportes con o sin ayuda (*accountability*). Esto debe conducir al estudiante a que proponga, observe y analice de forma experimental el comportamiento estructural de una edificación, tomando decisiones con base en un razonamiento estructural.

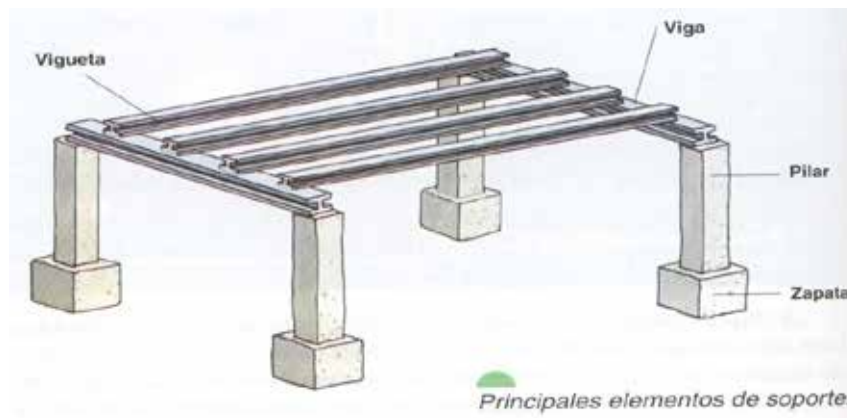


Figura 5. Principales elementos de soporte. Fuente: Salvadori y H. (1966)

Es conveniente analizar el impacto de una edificación en la infraestructura que la sustenta, a partir de la identificación de sistemas de prefabricación y de la integración de elementos constructivos de instalaciones y sus sistemas portantes así como de materiales de construcción. Hay varias teorías en el aprendizaje de Sistemas Constructivos y Estructurales, donde la subjetividad está presente en un porcentaje muy elevado, por lo que se sugiere que el empleo de estrategias educativas sea tal que incluya medios digitales que faciliten el proceso.

En los sistemas estructurales arquitectónicos, se presentan situaciones que habiendo sido calculadas como estructuras estáticamente determinadas, han fallado por efectos físico al cortante, al momento, por efectos de torsión o pandeo y que se han sufrido flexión por errores no considerados en el cálculo. Los materiales: Acero estructural, concreto simple, concreto reforzado, madera y mampostería. A cada material se le pueden aplicar pruebas en laboratorio entre ellas: Tensión, compresión, cortante, flexión, flexo-compresión, flexo-tensión, dureza y torsión<sup>7</sup>.

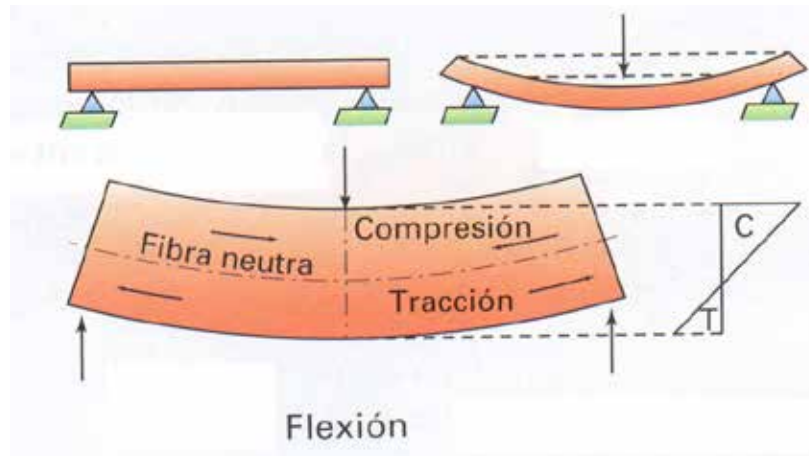


Figura 6. Flexo compresión. Fuente: García Malo. (2002)

## LA GESTIÓN DEL DISEÑO EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

La gestión es toda acción planeada teniendo al diseño como valor agregado con el fin de incrementar su competitividad e incorporar factores de diferenciación mediante la optimización de los productos y servicios. La gestión del diseño esta relacionada con la situación concreta y la situación proyectada, "(...) los conocimientos técnicos del diseño no sólo se utilizan para crear un producto o servicio, sino para ayudar a la interpretación de la realidad percibida del momento y de la realidad deseada" (Borja, 2010:335). El diseño es considerado como un proceso multidisciplinar donde intervienen varios especialistas de distintas áreas para solucionar un problema, así mismo el diseño es un elemento imprescindible para la competitividad en el mercado global y local, que permite a los individuos y a las organizaciones dar solución a problemas de manera creativa y añadiendo un valor agregado, así como conocer como se pueden gestionar los recursos de manera más eficaz y eficiente.

7 Llámese TORSIÓN al efecto que se da al no distribuir los esfuerzos de manera uniforme en determinada sección. Aparece un contrasentido en las fuerzas internas.



Desde una perspectiva estratégica, la gestión y el diseño, permiten a las empresas ser competitivas en diversos segmentos del mercado y generar nuevos productos o servicios. En el desarrollo de la investigación se ha revisado lo que Borja (2010) denomina los tres niveles del diseño.

<b>ACCIÓN del diseño o el diseño como competencia económica</b>	<b>FUNCIÓN del diseño o el diseño como competencia administrativa</b>	<b>VISIÓN del diseño o el diseño como competencia central</b>
El valor de diferenciación del diseño	El valor de coordinación del diseño	El valor de la transformación del diseño
Crear valor en las funciones principales de la empresa	Crear valor en los departamentos de soporte de la compañía	Mejorar la comprensión del ambiente de la compañía y su representación con la competencia.
<b>Gestión operativa del diseño</b>	<b>Gestión funcional del diseño</b>	<b>Gestión estratégica del diseño</b>

Tabla No. 1. Los tres niveles del diseño. Fuente: Andrade 2014 con base en Borja 2010.

Es de gran importancia que se tenga conocimiento de la relevancia en la gestión del proceso, ya que ésta contribuye al fortalecimiento de la cultura organizacional es decir, ayuda a la solución de conflictos en la medida en que permite manejar con diplomacia y tacto situaciones tensas y personas difíciles, mejora la comunicación, aumenta la motivación y fomenta un real trabajo en equipo con el afán de diseñar y tender a objetivos comunes, desarrollando la empatía, mejorando el clima laboral y reforzando el liderazgo.

La formación profesional del estudiante de arquitectura, en todos los niveles debería implementar una relación con el diseño y su gestión, con el objetivo de aprovechar su creatividad y capacitarlos para las tendencias actuales del mercado. Las instituciones de educación superior (IES) deberán ser capaces de diseñar una estrategia competitiva respecto a la innovación y su configuración.



Figura 7. Modelo de gestión del diseño propuesto por el BCD (2008)<sup>8</sup>

8 Centro de Diseño de Barcelona (BCD), clasifica a las funciones de la gestión del diseño en: Gestión operativa, gestión funcional y gestión estratégica del diseño.

## RESULTADOS

El tema sobre Sistemas Constructivos y Estructurales, ira trascendiendo del ejercicio clásico de aprendizaje, alternando con el estudiante en su iniciativa y creatividad; por medio de las visitas a sitios web, blogs, pero en particular en el empleo del software, acciones que les permitirán hacer simulaciones del comportamiento de las estructuras ante eventos aleatorios como los sismos; con ello el docente puede mejorar la presentación de la clase interactuando con ellos. Los sistemas de enseñanza habrán de combinarse a manera de planteamiento teórico con otros formatos digitales, permitiendo una labor de equipo en donde ambos aprendan mutuamente. En estos modelos se han considerado todas y cada una de las etapas constructivas de un proyecto, sin embargo al realizar el modelo a escala limita el observar a detalle el comportamiento estructural.



Figura 8. Resistencia de una estructura. Fuente: García Malo. (2002)

Es conveniente propiciar que el estudiante en formación sea capaz de aplicar y proponer estrategias constructivas y estructurales para una edificación, debiendo conocer, analizar y proponer conceptos aplicando la teoría de edificios automatizados, y la estructuración para edificaciones altas con base en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal. El enfoque estratégico implica examinar al diseño como nuevo paradigma para llegar a otros métodos que puedan utilizarla para optimizar la eficiencia de la administración en la construcción.

Considerando que hay fenómenos que pueden ser estudiados sin necesidad de ser reproducidos en el aula, para apoyar el proceso de aprendizaje se torna importante la generación de simulaciones a partir de un análisis conceptual que incluya la representación gráfica (manual y/o digital) de los principios básicos del sistema constructivo y estructural que sintetiza las relaciones entre conceptos o ideas de una edificación. Es también importante, la resolución de problemas en casos como técnicas específicas, en la que los estudiantes analicen situaciones profesionales reales presentadas por el docente y la elaboración de propuestas de desarrollo. Es posible generar un taller para el proceso y elaboración de un trabajo eminentemente práctico para la adquisición de habilidades procedimentales.

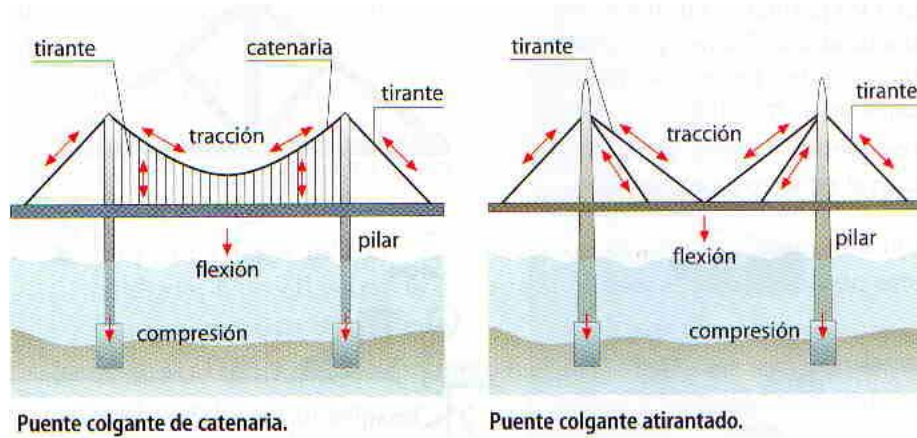


Figura 9. La catenaria y el atirantado. Fuente: Salvadori y H. (1966)

En la figura siguiente, se presenta un modelo en el laboratorio de estructuras de ingeniería de la División CBI (Ciencias Básicas e Ingenierías), que muestra la simulación de un sistema estructural.



Figura 10. Laboratorio de Ingeniería UAM Azcapotzalco. Ávila Fuentes Omar (2014)

Algunos de estos modelos se han sometido en el laboratorio a diferentes configuraciones de carga que simulan esfuerzos de flexión, compresión, fuerzas cortantes., sin embargo en ocasiones no todos los estudiantes pueden desarrollar las prácticas debido a la capacidad del mismo, por lo que se

ha propuesto se realicen simultáneamente modelos de simulación en tercera dimensión con base en el empleo de software.

Esta actividad permite establecer con base en la simulación del sistema seleccionado, el comportamiento estructural tanto en forma visual como cualitativamente, esto permite aclarar al estudiante las distintas etapas de un proceso constructivo y estructural. Con este tipo de actividades se logra un acercamiento a la realidad, ya que permite observar y reflexionar sobre las características, funciones y propiedades de los materiales de construcción. Es un hecho que el empleo de software específico para estas prácticas permite al estudiante comparar los resultados experimentales obtenidos con la realización de modelos en el laboratorio (mediciones de fuerzas, deformaciones, giros).

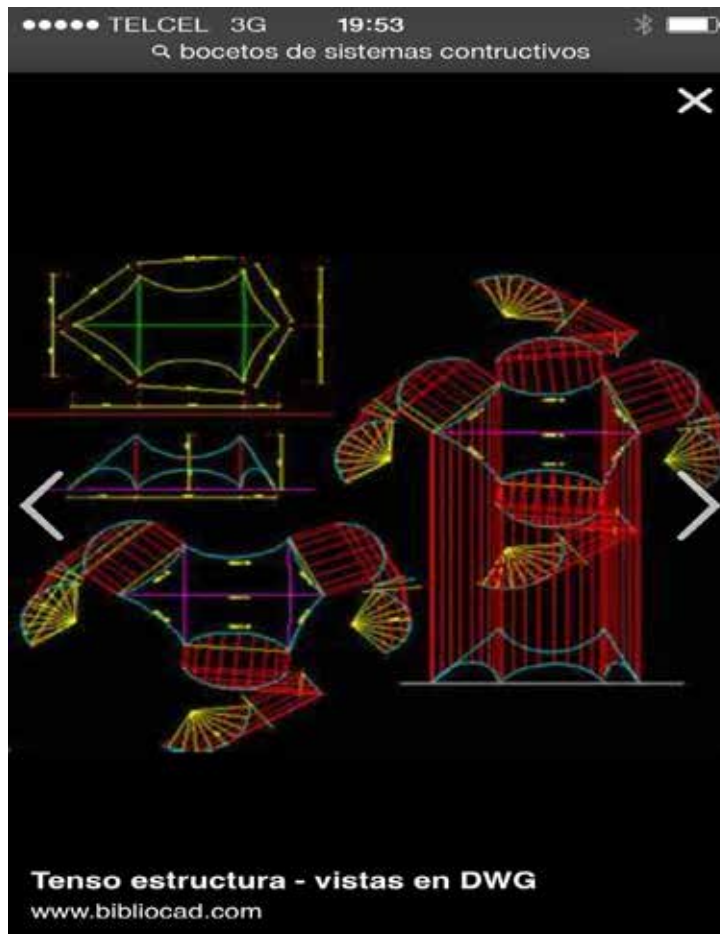


Figura No. 11. Boceto de sistemas constructivos en una Tenso estructura. Fuente: [www.bibliocad.com](http://www.bibliocad.com)

En el proceso para la implementación de BIM<sup>9</sup> con base en una dinámica para que todos puedan participar, se ha establecido una estrategia basada en Pen State “guía a obtener” a partir de objetivos que indiquen cuál de los siguientes conceptos se quiere maximizar: El plan, el diseño cons-

9 Se hace énfasis en que el modelo BIM permite predecir el ciclo de vida de los proyectos de construcción: Planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento. Consultar “Project Execution Planning” (Guide 2011)

tractivo o la operatividad. Recordemos que BIM equivale a discutir sobre 3D (tres dimensiones que implican “espacio”) y en 4D que permite establecer las fases de planeación en relación al tiempo de procesamiento de la misma (Zaragoza, N. 2014). Para este caso de estudio, el doctor Zaragoza aconseja el uso de NAVISWORK que a diferencia de REVIT, lleva al desarrollo y aquel sólo visualiza, recomienda también apoyarse en el modelo LOD<sup>10</sup> para establecer el nivel de detalle o desarrollo.

De acuerdo al diagrama propuesto por el Área de Administración y Tecnología para el Diseño de la División de CyAD de la UAM Azcapotzalco (2013), el proyecto ejecutivo tendiente a establecer el proceso para la ejecución de una obra se divide en 12 etapas, como se muestra en el siguiente cuadro.



Figura No. 12 Planeación de un Proyecto Ejecutivo. (Área de Administración y Tecnología para el Diseño. 2013)

Donde una de estas etapas corresponde precisamente al tema de Sistemas Constructivos y Estructurales, mismo que en esta investigación se diseña con base en la aplicación de las TIC. El problema fundamental es la definición de lo que se quiere lograr en el proyecto ejecutivo en aspectos estructurales y constructivos y cómo llegar a la meta a partir del análisis de antecedentes y de la situación actual del grupo que lo desarrolla.

## CONCLUSIONES

El modelo que se propone, ha pasado por etapas donde se han identificado fortalezas, debilidad, oportunidades y amenazas, la situación financiera, los recursos técnicos y de organización, integrados todos al proyecto arquitectónico. Se orienta al proyecto mismo con un enfoque hacia la empresa como una aproximación en el proceso de planeación y ejecución de la obra, tomando como base a las Tecnologías de la Información y Comunicación y realizando el proceso a través de *Building Information Modeling* (BIM) como metodología conceptual de análisis y donde las implicaciones han consistido en incorporar los datos del diseño como proceso universal. BIM, permite la integración de los procesos promoviendo de mejor manera la comunicación entre los equipos involucrados, a través de proporcionar información oportuna para la toma de decisiones a la coordinación de las áreas de soporte.

Presenta un sistema que vincula tres espacios fundamentales en el aprendizaje del mismo, plantea la elaboración de un material didáctico multimedia que facilite la enseñanza-aprendizaje del tema en la formación del estudiante que responda al perfil de egreso, donde el usuario pueda realizar si-

10 LOD: level, operation, development

mulaciones con materiales existentes, los cuales les permitan observar el comportamiento de dicho sistema constructivo.

Para el cálculo de estructuras on-line y la creación de simulaciones del comportamiento estructural de una edificación, se recomienda consultar <http://www.terra.es/personal/ael23791147/home.htm>, siendo la versión final autoejecutable (exe), teniendo como requisito de sistema operativo el empleo de Windows posterior a XP.

La Situación ha implicado que el perfil profesional de un arquitecto deba considerar además, conocimientos en gestión con una serie de características como la comercialización de servicios profesionales, publicidad, mercadotecnia, realización de reportes, análisis financieros, planeación estratégica, normativas, el ciclo de vida de la construcción y el manejo de software relacionado a su área de conocimiento, para prever y predecir resultados. El objetivo es planear, hacer un análisis de posicionamiento, de comercialización y de detectar nuevas oportunidades en los empleadores como parte integral del proceso conceptual del sector productivo.

En general, se puede considerar que habrá una retroalimentación eficaz y precisa en el estudiante, aumentando su motivación por descubrir el comportamiento constructivo y estructural de una edificación con base en los resultados obtenidos de la simulación del comportamiento estructural que tendrá una edificación; habrá que considerar a la enseñanza a través de la utilización de software como REVIT entre otros que se han mencionado. Se sugiere generar este tipo de actividades en las diferentes áreas y programas analíticos de las UEA'S de Sistemas Constructivos y Estructurales de la UAM Azcapotzalco.

De acuerdo a los conceptos analizados, la gestión del diseño se enfoca a implementar al diseño mismo, como un sistema formal dentro de las actividades para lograr sus objetivos y proporcionar una ventaja competitiva, donde se hace necesario que se establezcan una serie de referencias de acuerdo a la actividad que desarrollan y que tiene relación con el proceso de conceptualización y proceso de transformación de la idea o producto como diseño.

## BIBLIOGRAFÍA

*BCD Manual sobre la gestión del diseño para empresas que abren nuevos mercados. 2010 Barcelona Centre de Disseny. Barcelona*

*Best Kathryn. The Fundamentals of Design Management. 2010. AVA academia. Switzerland*

*Billy Reynoso Carlos. "Introducción a la Arquitectura de Software". 2004. Universidad Buenos Aires. Versión 1.0 Página 22. Definición Abstracción.  
<http://carlosreynoso.com.ar/archivos/arquitectura/Introduccion.PDF>*

*Borja Brigitte Gestión del diseño. Ciudad de México. 2010. Divine*

Francis D.K. Ching. *Arquitectura: Forma, Espacio y Orden*. 2011. México. Gustavo Gili. 3era. Edición. 430 p.

García M, Carlos. *Resistencia de Materiales para Arquitectos*. 2001. 1ª Edición. México. Ed. Pearson Educación.

Hetzel Patrick *Design management et constitution de l'offre*. Thèse Doctorat Sciences de Gestion, 1993. Université Jean Moulin Lyon 3

<http://www.studioseed.net/education/courses/generative-design/revit/>-Fecha de consulta: Octubre 2013

<http://www.uoc.edu/rusc/dt/esp/salinas1104.pdf>

<http://www.terra.es/personal/ael23791147/home.htm>

Mott, R. *Resistencia de Materiales*. 2008. 5ª Edición. Ed. Prentice Hall.

Not L. *Las pedagogías del conocimiento*. 2002. México. Fondo de Cultura Económica.

Ruiz, D. Uribe, J.,Phillips, C. "Modelos estructurales". 2005. En: XXV Reunión Anual de Facultades de Ingeniería. Cartagena:ACOFI,

Salinas Jesús. "Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria". 2004. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*

Rusc. [Artículo en línea]. UOC. Vol. 1, nº 1. [Fecha de consulta: 25/julio/14].

Salvadori y Heller. *Estructuras para Arquitectos*. Traducido por Luis Fabricant. 1966. Buenos Aires Ed. La isla

Wong Wicius. *Fundamentos básicos del Diseño bi y tridimensional*. 2011. México. Gustavo Gili. 1era. Edición. 352 p.

[www.enid.unal.edu.com](http://www.enid.unal.edu.com)





**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

# **Propiedad Intelectual y Diseño en México**



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Cómo incrementar las  
patentes en México  
(y la competitividad  
del país).**

**Mtro. Alejandro Cervantes Abarca  
Arq. Alberto Ramírez Alférez  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**



## Cómo incrementar las patentes en México (y la competitividad del país).

**Mtro. Alejandro Cervantes Abarca**

aca@correo.azc.uam.mx

**Arq. Alberto Ramírez Alférez**

ara@correo.azc.uam.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

### ABSTRACT

The intellectual property, in particular the patents, it's can be fundamental when transforming the ideas and innovative inventions into competitive products that the margins of benefits increase in a significant way in the companies, and the competitiveness of the country.

Of all it is well-known that the genius of the Mexican is very fruitful, we know a lot of people that has executed an improvement to a product in some occasion or carried out some invention, however never they were patented, for lack of resources, the cost of the patent was very onerous for its economy.

In Mexico, the time (of 3 to 5 years) that is required to approve or to reject a patent it is enormous, and in the reality this time can extend up to 7 years. In Europe one can obtain a patent at one time of between 6 and 18 months, and in to USA, the time for its obtaining is between 6 and 24 months.

To be able to register a patent to the service of the society in Mexico, it is necessary to have the appropriate administrative politicians and a institutional infrastructure.

In this study, We intends that the collection of the patents is carried out until these they are exploited and give utilities, this way, the registration of these would be enlarged and many people don't register them because they cannot finance the costs.

Likewise, The Mexican Institute of Intellectual Property, It's should carry out the recruiting of consultants and/or advisory, to support those who want to register a patent, and it's should have more qualified and committed personnel with their work, to reduce the times in that a patent is authorized.

### KEYWORDS

Patent, Competitiveness, Cost, Time

## RESUMEN

La propiedad intelectual, en particular las patentes, pueden resultar fundamentales a la hora de convertir las ideas e invenciones innovadoras en productos competitivos que aumenten de manera significativa los márgenes de beneficios en las empresas, y la competitividad del país.

De todos es conocido que el ingenio del mexicano es muy prolífico, nosotros conocemos mucha gente que en alguna ocasión ha ejecutado una mejora a un producto o realizado algún invento, sin embargo nunca fueron patentados, por falta de recursos, el costo de la patente fue muy oneroso para su economía.

En México, el tiempo (de 3 a 5 años) que se requiere para aprobar o rechazar una patente es enorme, y en la realidad este tiempo se puede extender hasta 7 años. En Europa se puede obtener una patente en un tiempo de entre 6 y 18 meses, y en USA, el tiempo para su obtención es entre 6 y 24 meses.

Para poder registrar una patente al servicio de la sociedad en México, es necesario contar con las apropiadas políticas administrativas e infraestructura institucional.

En este estudio, se propone, que el cobro de las patentes se realice hasta que estas se exploten y den utilidades, de este modo, se ampliaría el registro de estas ya que muchas personas no las registran porque no pueden sufragar los costos.

Así mismo, El Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual, debe realizar la contratación de consultores y/o asesores, para apoyar a quienes quieran registrar una patente, y debería tener personal más calificado y comprometido con su trabajo, para reducir los tiempos en que se autoriza una patente.

## PALABRAS CLAVE

Patentes, Competitividad, Costo, Tiempo.

## OBJETIVO GENERAL

Incrementar el registro de las patentes en México, a través de mejores políticas gubernamentales.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Mejorar los tiempos de autorización de una patente en México.

Facilitar los trámites a través de asesorías.

Aumentar el registro de patentes en México, realizando el cobro de los derechos hasta que estas se exploten y produzcan utilidades.

Implementar en universidades, y desde nivel bachillerato, materias que orienten al registro de propiedad y patentes.

## INTRODUCCIÓN

Las ideas innovadoras son la base de la mayoría de las empresas prósperas. Sin embargo, las ideas de por sí tienen muy poco valor y han de desarrollarse, transformarse en productos o servicios innovadores y comercializarse satisfactoriamente con el fin de que la empresa coseche los beneficios de su innovación y creatividad.

La propiedad intelectual, en particular las patentes, pueden resultar fundamentales a la hora de convertir las ideas e invenciones innovadoras en productos competitivos que aumenten de manera significativa los márgenes de beneficios.

Asimismo, una empresa PYME puede valerse de las patentes para obtener ingresos por regalías mediante la concesión de licencias de invenciones patentadas a otras empresas que tengan la capacidad para comercializarlas.

Esto no solamente permitirá ahorrar dinero a la PYME, sino que también le proporcionará un flujo de ingresos a partir de sus invenciones o de las invenciones de sus empleados, sin necesidad de invertir en su comercialización.

La literatura sobre patentes a menudo enfatiza los derechos del inventor, aunque si se analiza la legislación relevante se aprecia claramente que ésta incorpora además una fuerte presunción de que la concesión de patentes de invención favorece el interés público<sup>1</sup>.

Las normas sobre Registro de Marcas Comerciales y de Patentes de Invención, están contenidas en la Ley 19.039, publicada en el Diario Oficial de fecha 25 de enero de 1991. Esta Ley, en su artículo 1º, establece que "La presente Ley contiene las normas aplicables a los privilegios industriales y protección de los derechos de propiedad industrial. Los referidos privilegios comprenden las marcas comerciales, las patentes de invención, los modelos de utilidad, los diseños industriales y otros

---

1 <http://www.monografias.com/trabajos28/patentes-costos-beneficios/patentes-costos-beneficios.shtml>

títulos de protección que la ley pueda establecer”<sup>2</sup>

## **EL REGISTRO DE UNA PATENTE**

### **¿Qué es y para qué sirve la patente?**

Una patente es un conjunto de derechos exclusivos concedidos por un Estado al inventor de un nuevo producto o tecnología susceptibles de ser explotados comercialmente por un período limitado de tiempo, a cambio de la divulgación de la invención. La patente se enmarca dentro de la propiedad industrial, que a su vez forma parte del régimen de propiedad intelectual.

La patente es un privilegio de exclusividad, que otorga el Estado a un inventor o a su causahabiente (titular secundario) y sirve para que por un período determinado, el inventor explote su creación en su provecho, tanto para sí mismo como para otros con su consentimiento<sup>3</sup>.

El titular de una patente puede ser una o varias personas nacionales o extranjeras, físicas o morales, combinadas de la manera que se especifique en la solicitud, en el porcentaje ahí mencionado, sus derechos se pueden transferir por actos entre vivos o por vía sucesoria, pudiendo: rentarse, licenciarse, venderse, permutarse o heredarse.

### **¿Qué beneficios tiene el inventor cuando tiene una patente?**

La seguridad que la protección de la patente le ofrece al inventor, y evitar el plagio de sus inventos.

Motiva la creatividad del inventor, ya que ahora tiene la garantía de que su actividad inventiva estará protegida durante 20 años y será el único en explotarla.

Si la patente tiene buen éxito comercial o industrial, el inventor se beneficia con la o las licencias de explotación que decida otorgar a terceras personas.

Debido a que la actividad inventiva no se guardara o sólo se utiliza para sí evitando su explotación industrial; el inventor siempre dará a conocer, publicitar y explicar los beneficios que su invento tiene.

### **¿Cuáles son los términos y condiciones para el registro de patentes?**

En nuestro país la vigencia de una patente es de 20 años improrrogables contados a partir de la fecha de presentación de la solicitud de patente, siempre y cuando el titular cumpla con el pago de las tasas de mantenimiento anuales.

Es obligación del titular de una patente explotar la innovación descrita en la misma, ya sea por sí mismo o por otros con su consentimiento, dentro del término de tres años contados a partir de su

2 <http://empleo.universia.cl/emprendedores/crear-empresa/registro-de-marcas/>

3 [http://www.trabajo.com.mx/el\\_registro\\_de\\_una\\_patente.htm](http://www.trabajo.com.mx/el_registro_de_una_patente.htm)



concesión o de cuatro años contados a partir de la presentación de la solicitud de patente correspondiente.

La patente sólo podrá hacerse valer en los países en los que se haya presentado y concedido.

### **¿Qué se puede registrar como patente, como diseño industrial y por modelos de utilidad?**

Se puede registrar bajo la figura de patente, una invención, que es toda creación humana que transforma la materia o la energía, para el aprovechamiento del hombre y satisfacer sus necesidades. Son patentables las invenciones que cumplen con los requisitos de patentabilidad: que sean nuevas, sean resultado de una actividad inventiva y tengan aplicación industrial. Se obtiene protección bajo patente, para productos, y procesos.

Son registrables bajo la figura de diseño industrial, los dibujos industriales (combinación de figuras, líneas o colores que incorporen a un producto industrial con fines de ornamentación y que le den un aspecto peculiar y propio), y los modelos industriales (toda forma tridimensional que sirva de tipo o patrón para la fabricación de un producto industrial, que le de apariencia especial en cuanto no implique un efecto técnico).

Son registrables bajo la figura de modelo de utilidad, los objetos, utensilios, aparatos o herramientas que, como resultado de una modificación en su disposición, configuración, estructura o forma, presenten una función diferente respecto de las partes que lo integran o ventajas en cuanto a su utilidad. Son registrables los modelos industriales que sean nuevos y tengan aplicación industrial.

### **¿Cuáles son los documentos básicos para las solicitudes de patentes?**

- a.- Solicitud debidamente llenada y firmada, en cuatro tantos.
- b.- Comprobante del pago de la tarifa. Original y 2 copias.
- c.- Descripción de la invención (por triplicado).
- d.- Reivindicaciones (por triplicado).
- e.- Dibujo (s) Técnico (s) (por triplicado), en su caso.
- f.- Resumen de la descripción de la invención (por triplicado).

### **¿Cómo se elabora una solicitud?**

Una solicitud de patente consta de una memoria descriptiva de la invención, de ejemplos de cómo llevarla a cabo, de dibujos (en su caso) y de un capítulo reivindicatorio, que consta de las cláusulas que describen la invención, y que serán las que describen el objeto de la invención, y donde recae la protección legal de la misma.

Para diseños industriales y modelos de utilidad, una solicitud consta de la memoria descriptiva, de dibujos y de reivindicaciones.

### **¿Cómo se presenta?**

Se presenta en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, en su oficina central o en sus oficinas regionales, llenando el formato de solicitud y presentado la memoria descriptiva, para obtener una fecha de presentación.

### **¿Cómo se elabora una descripción, las reivindicaciones y los dibujos?**

La descripción debe ser clara y completa, para su entendimiento y para guiar a cualquier persona con conocimientos en el área de la invención a realizarla.

Las reivindicaciones, deben ser claras y concisas, y describir el concepto de la invención, y no deben exceder del contenido de la descripción.

Los dibujos se presentan cuando sean necesarios para la comprensión de la descripción.

### **¿Cuánto tiempo se tarda en obtener una patente?**

El tiempo necesario para la concesión de una patente dependerá del procedimiento de registro y de varios factores que varían de un país a otro.

En países en los que no se lleva a cabo el examen de fondo de la solicitud de patente, por lo general el procedimiento será relativamente rápido (la patente quedará registrada normalmente en un período de unos pocos meses).

Sin embargo, en países en los que la oficina de patentes lleva a cabo un examen de fondo para verificar si la patente cumple con los criterios de patentabilidad relativos a la novedad, la actividad inventiva y la aplicación industrial, todo el procedimiento, desde la solicitud a la concesión, llevará generalmente más de 12 meses, y en numerosos casos más de 18<sup>4</sup>.

La Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos reporta que en promedio una patente necesita 22 meses para recibir su aprobación. Eso es casi dos años, y puede parecer mucho tiempo, pero eso es sólo un promedio. Tampoco se tiene en cuenta cualquier proceso de pre-solicitud u otros retrasos comunes, por lo que 22 meses podría ser una patente rápida<sup>5</sup>.

En promedio el trámite de una patente en México, desde que ingresa la solicitud hasta que es emitido un dictamen de conclusión, sea una concesión o una negativa, es de 3 a 5 años.

### **¿Cuanto cuesta el registro de una patente?**

El costo de una solicitud de patente nacional es de \$9,651.88

Para presentar una solicitud de patente utilizando el PCT (Tratado de Cooperación de Patentes) el costo es de \$9,651.88.

4 [http://www.wipo.int/sme/es/faq/pat\\_faqs\\_q4.html](http://www.wipo.int/sme/es/faq/pat_faqs_q4.html)

5 [http://www.ehowenespanol.com/cuanto-tarda-patentes-sean-aprobadas-hechos\\_465113](http://www.ehowenespanol.com/cuanto-tarda-patentes-sean-aprobadas-hechos_465113)

Para solicitudes PCT se deben pagar tarifas, de entrada a fase nacional \$6,624.92.

Para la realización del examen de búsqueda lo establece la administración.

El examen preliminar tiene un costo de \$2,391.30.

<b>PATENTES</b>		
<b>Conforme al Título Segundo de la Ley</b>		
<b>Artículo</b>	<b>Concepto</b>	<b>Tarifa</b>
<b>1</b>	Por los servicios que presta el Instituto en materia de patentes, se pagarán las siguientes tarifas:	
1 a	Por la presentación de solicitudes de patente, así como por los servicios a que se refiere el artículo 38 de la Ley;	\$7,172.92
1 b	Por la entrada a la fase nacional de una solicitud de patente conforme al Capítulo I del Tratado de Cooperación en materia de Patentes;	\$5,711.14
1 c	Por la entrada a la fase nacional de una solicitud de patente conforme al Capítulo II del Tratado de Cooperación en materia de Patentes;	\$3,737.75
1 d	Por publicación anticipada de la solicitud de patente;	\$1,084.72
1 e	Por la expedición del título de patente, y	\$2,911.88
<b>2</b>	Por cada anualidad de conservación de los derechos que confiere una patente, se pagarán las siguientes tarifas:	
2 a	De la primera a la quinta, por cada una;	\$1,055.18
2 b	De la sexta a la décima, por cada una, y	\$1,282.78
2 c	A partir de la décimo primera, por cada una.	\$1,517.47
<b>3</b>	Por el estudio de una solicitud de licencia obligatoria o de modificación de sus condiciones.	\$2,864.85
<b>4</b>	Por el estudio de la solicitud de rehabilitación de una patente caduca por falta de pago oportuno de la anualidad correspondiente.	\$2,422.16
<b>5</b>	Por la transformación de una solicitud de patente a una de registro de modelo de utilidad o de diseño industrial, o viceversa.	\$2,668.71
<b>6</b>	Por la reconsideración interpuesta en contra de una denegación de patente.	\$2,665.54

Los precios que aquí se muestran son en pesos mexicanos y no incluyen IVA<sup>6</sup>.

Si vamos a pedir una solicitud de patente europea, para tener opciones en el futuro de extender a los países de Europa que más nos convengan, entonces los precios suben:

Redacción de la memoria y reivindicaciones: 2.000€

6 <http://www.impi.gob.mx/patentes/Paginas/TInventionesDiseñosCircuitos.aspx>

Depósito de la solicitud ante la oficina de patentes: 3.000€

- Si vamos a pedir una solicitud de patente PCT, o solicitud de patente internacional, que nos facilita la solicitud de patente en más de 130 países, entonces los precios de la patente están de la siguiente manera:

Redacción de la memoria y reivindicaciones: 2.000€

Depósito de la solicitud ante la oficina de patentes: 5.000€

## PROBLEMA

De todos es conocido que el ingenio del mexicano es muy prolífico, personalmente nosotros conocemos mucha gente que en alguna ocasión ha ejecutado una mejora a un producto o realizado algún invento, sin embargo nunca fueron patentados, por falta de recursos, el costo de la patente fue muy oneroso para su economía.

Por poner 2 ejemplos:

Conocí una persona que diseño un compás muy exacto y el primero con extensiones, que hizo el gasto de los dibujos y la presentación para la patente y ya no pudo pagar el costo de la patente. Así mismo conocí una persona que tenía un taller de reparación de electrodomésticos que invento la primer llave mono mando para lavabos, me comento que la quería patentar pero que le salía muy costosa, y esta apareció en el mercado 10 años después de su invención.

Además de esto, como se vio anteriormente, el tiempo (de 3 a 5 años) que se requiere para aprobar o rechazar una patente es enorme, es totalmente excesivo, y en la realidad este tiempo se puede extender hasta 7 años. En Europa aunque varía de un país a otro se puede obtener una patente en un tiempo de entre 6 y 18 meses, y en USA, el tiempo para su obtención es entre 6 y 24 meses.

Sin embargo se promueve políticamente, que por su parte el Gobierno mexicano a través de la patente promueve la creación de invenciones de aplicación industrial, fomenta el desarrollo y explotación de la industria y el comercio así como la transferencia de tecnología.

Pero mientras en México todavía andamos con un 0.4 por ciento del PIB que se dedica a la investigación y desarrollo tecnológico, en Estados Unidos se destina 2 por ciento, pero de una economía siete u ocho veces más grande que la nuestra.

Raúl Gerardo Quintero Flores, Premio Nacional en el rubro tecnológico y de diseño, nos dice, "México, está en desventaja ante países que sí apoyan la investigación", sólo si se impulsa la ciencia y la tecnología desde la educación básica, el país saldrá del rezago social". Tenemos fuga de cerebros, falta de compromiso de los maestros y "malinchismo", los principales problemas que enfrenta México, advierte el doctor honoris causa por la UANL<sup>7</sup>

---

7 <http://www.jornada.unam.mx/2011/12/11/cultura/a02n1cul>

En base a los datos de 2005, los últimos de que dispone la organización de la ONU con sede en Ginebra, China, con 173.327 solicitudes de patentes, se ha multiplicado por más de ocho en la última década, con lo que pasa a ser el tercer país donde se inscriben más peticiones, sólo tras Japón (427.078 peticiones) y Estados Unidos (390.733).

Le sigue Corea, que acumuló 169.921 peticiones, mientras que la Oficina de Patentes de la Unión Europea (OEP), en quinta posición, registró 128.713 demandas. Entre los países latinoamericanos destaca Brasil, con 16.111 peticiones, y México, con 14.436 solicitudes, que ocupan, respectivamente, las posiciones trece y catorce de la lista<sup>8</sup>.

## PROPUESTA

Para poder registrar una patente al servicio de la sociedad es necesario contar con las apropiadas políticas administrativas e infraestructura institucional.

¿Qué son las políticas administrativas apropiadas y cuál es la infraestructura institucional?

- El gobierno, debe incorporar las patentes en sus planes nacionales de desarrollo.
- Modernizar la administración para la obtención de patentes, simplificando el funcionamiento de las oficinas y ofreciendo formación a los funcionarios. Es decir, el Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual, debería tener personal más calificado y comprometido con su trabajo, para reducir los tiempos en que se autoriza una patente, para que sean similares a los de USA y los de los países Europeos y de este modo ser más competitivos.
- Efectuar campañas de sensibilización. El Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, debería ser un lugar donde se asesore a las personas en cómo hacer la presentación de sus inventos y de cómo poder patentarlos.
- Actualizar la legislación nacional de patentes y aplicar los tratados internacionales.
- Fortalecer los mecanismos de cooperación regional.
- Así mismo, el pago de los derechos de una patente no debería cobrarse al presentar la solicitud de ésta, sino hasta que el producto patentado comience a explotarse y dar utilidades.

Rubros de apoyo para invenciones:

- Gastos asociados a la asesoría técnica para los trámites del proceso administrativo tales como la redacción de la patente nacional y la presentación de los exámenes de forma y fondo, así como en su caso las reivindicaciones.
- Pago de la tarifa vigente por los trámites del proceso administrativo para la presentación de la Solicitud de Registro de la Invención, ya sea para patente, modelo de utilidad, diseño industrial.

8 <http://www.20minutos.es/noticia/267256/0/china/inscripcion/patentes/>

- Pago de la tarifa vigente de la concesión inicial de derechos de patente nacional.
- La contratación de consultores y/o asesores con especialidad en materia de protección intelectual.

Por otro lado, si los beneficios de las patentes fueran sin costo inicial, el hecho es, que existen varios costos importantes que a menudo no son tomados en cuenta. Aparte del considerable costo administrativo, está el costo de la investigación y los gastos legales asociados con su registro. Pero no seamos tan optimistas, como se mencionó en el párrafo anterior, que el pago se exija hasta que comience a dar utilidades.

### **CUALES SON LOS BENEFICIOS DE ESTO**

Hacer a México más competitivo con el incremento del registro de patentes que de otro modo se perderían.

Las patentes proporcionan los derechos exclusivos que habitualmente permiten a una PYME utilizar y explotar la invención por un período de 20 años.

Gracias a estos derechos exclusivos, las empresas estarán en condiciones de impedir que otras personas utilicen comercialmente su invención patentada, y adquirir una posición de prestigio en el mercado.

Mayor rendimiento de las inversiones: habiendo invertido una considerable cantidad de tiempo y dinero en el desarrollo de productos innovadores, al amparo de estos derechos exclusivos, las PYMES podría comercializar la invención permitiéndole obtener un mayor rendimiento de las inversiones.

Oportunidad de vender la invención o cederla bajo licencia: si se opta por no explotar uno mismo la patente, puede venderse o ceder los derechos a otra empresa para que la comercialice bajo licencia, lo cual supondrá una fuente de ingresos.

### **CONCLUSIONES**

- Debemos hacer efectivo que el Gobierno mexicano a través de la patente promueva la creación de invenciones de aplicación industrial, fomente el desarrollo y explotación de la industria y el comercio así como la transferencia de tecnología.
- El Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual, debe capacitar a su personal y ser más eficiente para reducir los tiempos de autorización de las Patentes.
- Además, si el cobro de las patentes se realiza hasta que estas se exploten y den utilidades, se ampliaría el registro de estas ya que muchas personas no las registran porque no pueden sufragar los costos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

<http://www.monografias.com/trabajos28/patentes-costos-beneficios/patentes-costos-beneficios.shtml>

<http://empleo.universia.cl/emprendedores/crear-empresa/registro-de-marcas/>

[http://www.trabajo.com.mx/el\\_registro\\_de\\_una\\_patente.htm](http://www.trabajo.com.mx/el_registro_de_una_patente.htm)

[http://www.wipo.int/sme/es/faq/pat\\_faqs\\_q4.html](http://www.wipo.int/sme/es/faq/pat_faqs_q4.html)

[http://www.ehowenespanol.com/cuanto-tarda-patentes-sean-aprobadas-hechos\\_465113/](http://www.ehowenespanol.com/cuanto-tarda-patentes-sean-aprobadas-hechos_465113/)

<http://www.impi.gob.mx/patentes/Paginas/TInventacionesDiseñosCircuitos.aspx>

[http://www.wipo.int/sme/es/ip\\_business/importance/reasons.htm](http://www.wipo.int/sme/es/ip_business/importance/reasons.htm)

<http://www.20minutos.es/noticia/267256/0/china/inscripcion/patentes/>

[http://www.wipo.int/sme/es/ip\\_business/importance/reasons.htm](http://www.wipo.int/sme/es/ip_business/importance/reasons.htm)





**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

# **Diseño Industrial**



**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Las funciones en las  
mercancías de  
consumo.**

**Dr. Luciano Segurajáuregui Álvarez  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**



## Las funciones en las mercancías de consumo

**Dr. Luciano Segurajáuregui Álvarez**  
sal@correo.azc.uam.mx  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

### ABSTRACT

Conceiving the design professional both as an individual, with outstanding working capabilities, or as a team of design, a group of specialists, who are able to cover specific areas of knowledge and at the same time organically integrate themselves in the conclusion of objectives. The work of the design professional gradually becomes more complex, since it must offer solutions to the requirements of a world with increasingly diverse demands, therefore, the designer, must possess a broad spectrum of expertise, enabling him to understand the needs and desires of the consumer, the reality of the market and coordinate these motivations with technology and existing production processes in the aim of offering the people the kind of objects that they want.

### KEYWORDS

Design, Production, Consumption

## **RESUMEN**

Concibiendo al profesionalista del diseño como a un individuo en particular, con sobresalientes capacidades de trabajo, así como también a manera de un equipo de diseño, colectivo de especialistas, que sean capaces de cubrir áreas específicas del conocimiento y a la vez integrarse orgánicamente en la conclusión de objetivos. El trabajo del profesionalista del diseño progresivamente se torna más complicado, puesto que debe ofrecer solución a los requerimientos de un mundo con exigencias cada vez más diversas, por ello debe de poseer un amplio espectro de conocimientos, que le permitan captar las necesidades, comprender el mercado, coordinar estas motivaciones con la tecnología y los procesos productivos vigentes con el objetivo de ofrecer a la sociedad los objetos que demanda.

## **PALABRAS CLAVE**

Diseño, Producción, Consumo

## INTRODUCCIÓN

Los mercados evolucionan a partir de las proposiciones de bienestar que son capaces de ofertar los productos y servicios prometidos; y de la feroz competencia que despliegan los diversos productores. A medida que los deseos y necesidades de un conglomerado humano, plasmados a partir de las dependencias que se establecen con los objetos, se diversifican; igualmente se multiplican las ofertas que los objetos le ofrecen. Por lo que al analizar el contexto objetual del hombre, de principios del siglo XXI, resulta factible considerar que éste se vuelve cada vez más complejo y especializado.

De manera proporcional a este fenómeno, el trabajo del profesionalista del diseño<sup>1</sup> se torna progresivamente más espinoso, puesto que debe ofrecer solución a los requerimientos de un mundo con exigencias cada vez más diversas, por ello debe de poseer un amplio espectro de conocimientos, que le permitan captar las necesidades, comprender el mercado, coordinar estas motivaciones con la tecnología y los procesos productivos vigentes con el objetivo de ofrecer a la sociedad los objetos que demanda.

## EL OBJETO DE DISEÑO Y LAS FUNCIONES QUE SE DESPLIEGAN MEDIANTE SU USO

La visión que se puede tener sobre las particularidades del diseño como disciplina estructurada dentro de procesos formales de educación no puede ser inamovible o única dentro del contexto actual y ante los cambios drásticos que día a día vive el ser humano. Los continuos alteraciones en la conformación de los mercados, tomando como punto de partida los productos que estos ofrecen al público y que este a su vez retroalimenta para lograr mejoras o sentenciar obsolescencias (reales o percibidas); invitan a reinventar una nueva aproximación al vocablo. Por ello, vale la pena iniciar con una definición propia sobre la voz diseño:

La capacidad del ser humano para construir soluciones tanto orgánicas en un sentido integral, como específicas, a un conjunto de problemáticas las cuales se presentan ya sea en un plano individual y/o en un entorno colectivo, inmersas en una dinámica material, estética, ambiental, tecnológica, económica, política, ideológica y cultural.

Desde esta posición, resulta viable convenir en que el diseño posee una capacidad importante para establecer trazas en la sociedad constituyéndose en una herramienta efectiva para la transformación orgánica de los individuos, tanto por su incidencia a través de la sensibilidad en la conformación de una percepción global, como por lo que construye, aporta, y modifica culturalmente. Se ubica entonces a la actividad del diseño como un instrumento proyectual que reforma profundamente, en un sentido evolutivo, y provee expresiones de un carácter hondo, sin dejar de exhibir cierta volatilidad en sus apariencias externas. De igual manera, posibilita la estructuración de actitudes y comportamientos, no solo en calidad de respuestas inmediatas o por su vinculación a actividades comerciales.

<sup>1</sup> Entiéndase como profesionalista del diseño tanto a un individuo en particular, con sobresalientes capacidades de trabajo, como a un equipo de diseño, colectivo de especialistas, que sean capaces de cubrir áreas específicas del conocimiento y a la vez integrarse orgánicamente en la producción de resultados.

Lo anterior, permite asentar el fenómeno de la identidad cultural a través de su signo de perenne transformación, se apunta hacia un efectivo énfasis en la movilidad de todo un conjunto de realidades inherentes al individuo, el grupo social, así como de la sociedad en general, a partir de la relación que se establece con el objeto de diseño. Desde este horizonte es válido señalar que la memoria de la raza humana está henchida de manifestaciones sobre cómo las diversas colectividades han contribuido a conformar el mundo actual a partir del avance tecnológico<sup>2</sup>. Desde sus inicios, los individuos se han asociado con la creación de unidades técnicas<sup>3</sup>, cuya intención es incrementar la capacidad para manipular su contexto<sup>4</sup>, zanjando las limitaciones emanadas de sus propias características físicas e incluso mentales<sup>5</sup>.

Se delibera entonces que la actividad del profesionista del diseño se manifiesta con el reconocimiento de necesidades y aspiraciones de una colectividad cabalmente perfilada en el punto histórico-temporal que le concierne<sup>6</sup>. Bajo este horizonte conviene señalar que aun y cuando las necesidades humanas siguen siendo esencialmente las mismas, se observa que un conjunto de factores tales como: los gustos, las ambiciones y aspiraciones de los individuos que integran una sociedad se modifican a través del tiempo, y estas también deben de ser solventadas a través de la posesión de los objetos.

Por lo anteriormente expuesto, se considera válido señalar que los objetos cumplen de manera concurrente con diversas funciones a lo largo de su vida útil; es decir, al coexistir de manera cotidiana con su consumidor. En este orden de ideas, resulta de interés que diversos autores, tales como: Löbach (1981), Martín (2002), Buchner (2005), Heskett (2005) y Baudrillard (2007), coincidan en señalar que la relación de uso que se establece entre el consumidor y el objeto vaya más allá, y por lo tanto sea más compleja, que la mera interacción física (práctica) entre ambos. En este sentido, se identifican tres funciones que los productos de diseño despliegan al interactuar con el usuario. Se considera que la jerarquización que cada uno de ellos deba poseer, estará determinada necesariamente por la orientación que el diseñador pretenda darle al objeto, a partir de los resultados que arroje el trabajo de investigación proyectual.

---

2 La vinculación con tecnologías avanzadas en su contexto de los grupos élites en las diversas sociedades en el desarrollo histórico, coadyuvó intrínsecamente a la detentación del poder y su papel dominante en sus áreas culturales.

3 En concordancia con lo expresado por Oscar Salinas (1992: 22): El dominio del hombre en su ambiente lo lleva a una selección y empleo diferenciado de los utensilios determinados por un uso que da como resultado objetos prácticamente idénticos en las diversas culturas ubicadas en diferentes tiempos y lugares. Sin embargo, la uniformidad no es absoluta, ya que presentan cambios inevitables, mejoras, incorporaciones y combinaciones que conducen a través de una evolución realizada paso a paso, al estado actual de la técnica.

4 Estos diversos niveles de descubrimiento, dominio y desarrollo son consecuencia directa de las diferentes evoluciones tecnológicas.

5 De acuerdo con González Ochoa (2005: 34-35) El modelo del mundo de una sociedad está conformado por un conjunto de nociones o categorías con las cuales el hombre, en primer lugar, selecciona los impulsos, las informaciones y las impresiones del mundo exterior y, en segundo, los transforma, los hace homogéneos, de manera que sean congruentes con su experiencia y no originen conflictos.

6 Se refiere a la utilidad de lo diseñado para un entorno concreto.



Sería ingenuo, e incluso irresponsable en términos de mercadeo, cavilar sobre la idea de que la única indagación que el ser humano actual hace con un producto sea la satisfacción inmediata (funcional) para lo cual fue creado dicho objeto. La complejidad a la que se hace mención al inicio del texto, respecto a los consumidores, tiene que ver además con elementos de índole estético y simbólico y la manera en cómo estos aportan en conjunto a la relación de uso que se establece con el objeto. La conexión que se establece entre el consumidor y el objeto es de carácter íntimo; en donde el objeto se vuelve parte fundamental en la vida de aquel que lo posee, por lo que le aporta funcional y psicológicamente. Es decir, que el objeto comunica una serie de elementos congruentes no solamente con las necesidades prácticas del consumidor, sino además en los planos estéticos y simbólicos de aquél.

A partir de la visión externada en el párrafo antepuesto, resulta conveniente puntualizar cuales son estas funciones que despliegan los productos de diseño así como las características de cada una de ellas.

**1. Función práctica<sup>7</sup>:** Esta plaza se define a partir de la utilización del objeto por parte del usuario. En esta interacción usuario-objeto, se manifiestan los aspectos de usufructo inherentes a la (s) utilidad(es) que el objeto otorga a quien lo emplea. De acuerdo a la complejidad que el objeto ostente (tanto física como perceptible), la función práctica puede o no ser evidente a simple vista, lo que supone ser definitivo es que durante el proceso de uso, se satisfacen las necesidades del consumidor a través de las tareas que el producto realiza.

**2. Función estética:** Lo que puede resultar sugestivo para unos cuantos, puede significar repulsión para otros. La función estética de los productos industriales significa influir en la configuración de los productos de acuerdo con las condiciones perceptivas del mercado al cual se destina el producto de diseño.

Se trata de una relación psicológica de percepción que se establece entre el consumidor y el producto; la cual puede traducirse en atracción o rechazo. Para que dicha relación se establezca de manera adecuada, es necesario que el objeto responda a los albedríos estéticos que el usuario posee. Es decir, que el diseñador debe de conocer las cualidades de índole estética que el consumidor de productos busca; identificando cuales son las tendencias estéticas, vigentes y por venir, de productos similares en el mercado al cual pretende destinar sus esfuerzos.

**3. Función simbólica:** Se establece con los aspectos anímicos, psíquicos y sociales de la interacción entre el objeto y el consumidor. La función simbólica de productos industriales sólo se vuelve eficaz en base a la apariencia perceptible a través de los sentidos y al caudal espiritual de la asociación de ideas entre el consumidor, el objeto y la posesión que de este último hace el primero. Desencadenando un caudal de sensaciones sobre lo que para el usuario significa ostentar al objeto y lo que este es capaz a su vez de desplegar ante el resto de la sociedad.

---

7 La conceptualización original de las mismas, proviene de Bernd Löbach (52-64, 1981). Las que se presentan en este texto han sido complementadas con aportaciones propias.

Aunado a lo previamente señalado, sí un producto industrial, en el curso de su proceso de uso, recuerda al usuario la marca constructora, las experiencias del pasado con el fabricante o con otros productos de su casa, hablamos de un simbolizaciones (positivas o negativas) de la firma manufacturera. Así mismo, cuando un explícito círculo de personas que poseen un status social muy determinado prefiere y utiliza en exclusiva un producto industrial, puede decirse que éste hace una declaración respecto a su usuario. Es decir, puede representar un status concluyente, y se convierte entonces en un símbolo de la escala social de su propietario.

El diseñador industrial está obligado a reflexionar dentro de la proyección de objetos sobre las tres funciones mencionadas precedentemente, lo cual implica un conocimiento profundo de los seres humanos a los cuales pretende "beneficiar"<sup>8</sup> con el objeto diseñado. Dichas funciones deberán ser integradas al análisis de información que el diseñador lleva a cabo durante la fase de investigación del proyecto y deberán integrarse en las conclusiones que brindarán los parámetros de diseño necesarios.

Queda claro entonces, que el uso no se reduce a la mera apropiación y despliegue de las capacidades evidentes para lo cual fue creado el objeto; va más allá pues implica las interpretaciones de carácter estético y simbólico que el objeto posee per se y aquellas cualidades que el usuario esté dispuesto a otorgarle (consciente o inconscientemente). Dichas funciones parten a su vez de las necesidades que los seres humanos manifiestan al relacionarse con los objetos.

## EL DISEÑO PROYECTUAL DE DISEÑO Y LAS FUNCIONES DEL PRODUCTO

El proceso de diseño implica un conjunto de factores recurrentes e ineludibles, de entre los cuales se encuentra necesariamente, el trabajar con información, (captura, clasificación, análisis y conclusiones generadas a partir de la misma), la determinación de parámetros de trabajo, la generación de objetivos, la toma de decisiones y el proceder según las mismas.

La persona o el equipo que diseña un producto deben hacer frente a una serie de problemas de mayor o menor complejidad, en múltiples áreas y para ello es preciso disponer de las habilidades de investigación necesarias. Un producto que no cumple con los parámetros de consumo planteados por la empresa como oportunidad de negocio, pudiera referirse entre otras cosas de una investigación proyectual deficiente. Para los fines del presente escrito, se considera oportuno conceptualizar al proceso de diseño de la siguiente manera<sup>9</sup>:

---

8 [...] el diseño, despojado hasta su esencia, puede definirse como la capacidad humana para dar formas y sin precedentes en la naturaleza nuestro entorno, para servir a nuestras necesidades y dar sentido a nuestras vidas." (Heskett, 2005: 7) Esta óptica, refiere al diseño como la capacidad humana de dar forma y crear el ambiente en formas que no tienen precedente en la naturaleza con el objetivo de satisfacer las necesidades de un grupo o conglomerado humano dando sentido a sus vidas. Se considera que la visión de Heskett es válida al afirmar que diseñar es una de las características básicas del ser humano, y que esta determina esencialmente la calidad de vida del mismo.

9 El diagrama responde a una estructuración básica del proceso de diseño



Diagrama 1. Proceso de diseño. Segurajáuregui (2011)

En el diagrama anterior, se observa una posible estructuración lógica (bastante simplificada) del proceso de diseño, considerando los bloques básicos que le integran. La serie de elementos están dispuestos de manera tal que la resolución estructurada, en torno a la captación y análisis de información en uno, lleva necesariamente al planteamiento y estructuración y tratamiento de la información del que le prosigue.

Posiblemente uno de los componentes más complicados para trabajar, sea lograr definir de manera adecuada la situación problemática<sup>10</sup>, para a partir de ello determinar cuál será el problema de diseño<sup>11</sup> a resolver. Esta debe de ser considerada en un nivel macro, vislumbrando los diversos elementos multidisciplinarios que convergen en la misma. Especialistas en el tema, como lo son la Dra. María Aguirre Tamez y el Dr. Emilio Martínez de Velasco, sugieren atinadamente que al ubicar una situación problemática el diseñador debe de analizar las causas y efectos que se relacionan con dicha situación.

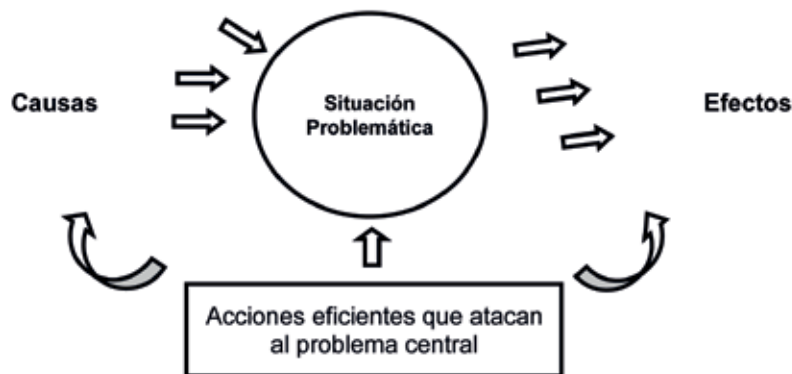


Diagrama 2. Aguirre Tamez y Martínez de Velasco (2009)

10 En el diagrama número 1 se menciona como problema

11 Este deberá tener una estructura discursiva coherente con alguno de los elementos que conforman a la situación problemática.

A partir de la puntualización que estos especialistas efectúan, se ubica de manera ineludible la necesidad de una mayor capacidad de análisis y síntesis por parte del profesional de diseño, para poder comprender de forma puntual cual es el problema o asunto que es necesario resolver a partir de la intervención del diseño industrial, diferenciándolo de aquellos contextos dentro de la situación problemática susceptibles a ser abordadas por otras disciplinas para ser solucionadas. Por ello es que el profesional de diseño industrial requiere identificar aquello que causa una problemática y las implicaciones que esta tiene; la definición de la situación resulta primordial para poder comprender cuál será el problema a resolver mediante el diseño, cuáles los objetivos a realizar y determinar el enfoque que el proyecto debe poseer. Es decir, que primero hay que entender el problema general (nivel macro), para poder enunciarlo como problema de diseño (nivel meso) y posteriormente aportar una solución objetual al mismo (nivel micro).

Al enunciar el problema en términos de diseño, el profesionalista debe de desarrollar preguntas de investigación; es decir, determinar que es aquello que la problemática planteada motiva a investigar y dar respuesta a partir del diseño. Dichas interrogantes si bien pueden versar sobre diferentes tópicos inherentes al proyecto a realizar, deben de considerar a las tres funciones del producto de diseño industrial, y estar fundamentadas sólidamente las respuestas que se otorguen a ellas en las conclusiones y por lo tanto en la toma de decisiones que darán forma al proyecto.

En este orden de ideas conviene recordar los lineamientos que Martín (2002:31) enuncia sobre la labor del profesionalista de diseño:

“Al diseñador profesional [...] lo caracteriza la capacidad para identificar en un problema de diseño, el mayor número de variables físicas y tecnológicas, y las aún más numerosas variables contextuales que proporcionan la cultura, las condiciones ambientales y la estructura social específicas. Se presume que el profesional tiene la percepción integral de todas esas variables (con sus significados y extensión temporales) y puede manejarlas unas con otras en proporción y congruencia necesarias.”

El horizonte de interpretación que proporciona la cita anterior, permite conjeturar que el análisis contextual de la problemática y de los usuarios involucrados reviste la mayor importancia. Estos deben de analizarse a profundidad desde la clasificación de elementos del problema, la investigación efectuada (columna vertebral de todo proyecto de diseño) debe ser efectiva en definir no sólo quien es el usuario, sino además puntualizar quien desea ser para lograr que el objeto diseñado, como producto de la investigación realizada, sea capaz de otorgarlo a quien lo posea, tanto por la interacción física con el cómo por la interacción psíquica.

Si bien existen gran cantidad de procesos metodológicos, en donde algunos de ellos se orientan en relación con todos los aspectos básicos del proceso de diseño, otros hacen hincapié en la fase creativa y otros centran su interés más hacia en la fase productiva, es importante señalar que será responsabilidad del profesionalista del diseño el integrar a los mismos, los conceptos sobre las funciones de los productos con la finalidad de lograr objetos que cumplan con las expectativas de los consumidores<sup>12</sup>.

12 Se ubican básicamente dos tipos de consumo de los objetos:

## CONCLUSIONES

El profesionalista de diseño en la actualidad no puede circunscribir el uso como la elemental interacción física con un objeto. Queda claro que se establecen relaciones, de diversa índole y magnitud, desde el primer contacto visual que se tiene con el objeto y eso significa también utilización. Desde esta perspectiva, cobra primordial importancia la capacidad para analizar e interpretar, no solamente las necesidades involucradas en el empleo directo del objeto (funcionales) ordinariamente las más fáciles de reconocer, sino además aquellas cuestiones de índole psicológica y espiritual que propician de manera adecuada la adjudicación del objeto de diseño por parte del usuario. Entendiendo que debe integrar su visión sobre el diseño a la visión y/o expectativas que los usuarios han desarrollado o tienen sobre el producto.

Por obvias razones, resulta ventajoso que el diseñador determine a partir de los análisis y desenlaces efectuados en la investigación, el enfoque que pretende darle al objeto a diseñar. Es decir, la carga conceptual y los valores culturales que el mismo objeto deberá tener para lograr establecer una comunicación efectiva con el público al cual se dirige y se espera lo consuma. Bajo esta resolución de concepciones, resulta posible afirmar entonces que el proceso de investigación proyectual en el diseño de productos de consumo, debe poseer la flexibilidad suficiente para convertirse en una estructura integradora, en donde sean contemplados todos los elementos que hacen que el producto se convierta en algo único a los ojos de quien lo utiliza.

## BIBLIOGRAFÍA

*Aguirre, T. M., Martínez de Velasco, E. Comunicación personal. Octubre 2009*

*Baudrillard, J. (2007). El sistema de los objetos. Siglo XXI editores. México.*

*Buchner, D. (2005). El papel del significado y la intención en el diseño de productos exitosos. En Las rutas del diseño, estudios sobre teoría y práctica. Ed. Designio, libros de diseño. México*

*Cross, N. (2005). Métodos de diseño, estrategias para el diseño de productos. Limusa Wiley, México.*

*Dictionary of Design since 1900. (2004). Thames & Hudson. London*

*González, O. C (2005) La cuestión de la identidad, en: Las rutas del diseño. Ed. Designio, México.*

a.- Consumo superficial: Aquel llevado a cabo por el usuario en donde una vez adquirido el producto y consumido, éste deja de tener interés para su propietario.

b.- Consumo a profundidad: Cuando el usuario logra una identificación a profundidad con el objeto y crea una estrecha relación con el mismo a partir del uso. Entra en juego el concepto de diseño emocional.

Resulta válido el afirmar que un objeto bien diseñado, aquel que despliega ante los ojos del consumidor las respuestas prácticas, estéticas y simbólicas que éste busca, logrará un consumo a profundidad del mismo.

*Heskett, J. (2005). El diseño en la vida cotidiana. Ed. Gustavo Gilli. México.*

*Löbach, Bernd (1981) Diseño Industrial. Ed. Gustavo Gilli. México*

*Martín, J. F (2002). Contribuciones para una antropología del diseño. Gedisa, Editorial. España.*

*Salinas, Oscar (1992) Historia del diseño industrial. México. Ed Trillas.*

*Segurajáuregui, A. L. (2011). Diseño mediante la exploración de las funciones del producto. Actas de Diseño, año 6 No.11. Universidad de Palermo, Argentina.*

**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Integración de restricciones  
técnicas y económicas en las  
primeras etapas del diseño  
de productos sustentables.**

**Dr. Miguel Ángel López Ontiveros  
Ing. Jesús Loyo Quijada  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**





# Integración de restricciones técnicas y económicas en las primeras etapas del diseño de productos sustentables

**Dr. Miguel Ángel López Ontiveros**

mlopez@correo.azc.uam.mx

**Ing. Jesús Loyo Quijada**

jlq@correo.azc.uam.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

## ABSTRACT

For several years the markets around the world have been taking a different direction and require manufacturers not only competitive products but that their manufacturing processes are sustainable, this has led to the development of strategies to end of life which seeks to reduce the environmental impact. Among the strategies of end of life we have recycling of products which involves the recovery of materials to manufacture new products. When manufacturers decide by recycling as an end of life product strategy, they should modify certain features of the design of products with a view to recovering the materials provided as far as possible.

This research describes the development of profiles for recyclable product design. A Product Recyclable Profile is a set of internal and external factors that a product must have to consider it as a product designed for recycling. Identified a total of 12 product profiles, profiles are integrated by 34 criteria, consisting of 5 fixed criteria which must be satisfied by any product, 12 internal criteria covering the process of recycling and 17 external criteria that respond to external recycling aspects. For the determination of the criteria, it analyzed 20 products that successfully are recycled in the Mexican industry.

## KEYWORDS

Recycling, Eco-Design, strategies to end of life

## RESUMEN

Desde hace varios años los mercados de todo el mundo han estado tomando un rumbo diferente y exigen a los fabricantes no solo productos competitivos sino que sus procesos de fabricación sean sustentables, esto ha llevado al desarrollo de estrategias de fin de vida en los cuales se busca disminuir el impacto ambiental. Entre estas estrategias de fin de vida se encuentra el reciclado de los productos lo cual implica la recuperación de materiales para la fabricación de productos nuevos. Cuando los fabricantes deciden por el reciclado como estrategia de fin de vida de sus productos, estos deben modificar ciertas características del diseño de los productos con el fin de que la recuperación de los materiales se facilite en lo posible.

El presente trabajo describe el desarrollo de perfiles para el diseño productos reciclables. Un Perfil de Producto es un conjunto de factores internos y externos que un producto debe poseer para considerarlo como un producto reciclado. Se determinaron un total de 12 perfiles de producto, los perfiles están integrados por 34 criterios, conformados por 5 criterios fijos los cuales deben de ser satisfechos por cualquier producto, 12 criterios internos que contemplan el proceso de reciclado y 17 criterios externos que responden a aspectos externos al proceso de reciclado. Para la determinación de los criterios se analizaron 20 productos que son exitosamente reciclados en la industria mexicana.

## PALABRAS CLAVE

Reciclado, eco-diseño, estrategias de fin de vida palabras clave

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de los productos que se consumen en la sociedad tienen un fin incierto al final de su ciclo de vida, debido a que no siempre se tiene definida una estrategia para que estos sean tratados mediante estrategias como el reciclado, la remanufactura o la incineración. El reciclado se puede definir como la acción de regresar al ciclo de consumo los materiales que ya fueron desechados, y que son aptos para elaborar otros productos al pasar estos por un proceso industrial que los vuelva materia prima aprovechable [2] [3].

Dependiendo de las características de los productos a reciclar como: los materiales con los que están fabricados, el alto valor económico de algunos de sus componentes, los riesgos sobre la salud pública que implica su manejo, disponibilidad o facilidad para recuperar los materiales y regulaciones ambientales.

Actualmente existen diversos tipos de proceso de reciclado aunque de manera general este proceso consta de las siguientes etapas:

- Recolección.
- Selección o separación de materiales.
- Procesamiento o acondicionamiento de materiales.
- Reinserción a una cadena productiva.

Uno de los principales problemas en el proceso de reciclado de productos es la recuperación de los materiales después de ser recolectados [5]. La mayoría de productos son diseñados para su fabricación, a un bajo costo y en ciertas ocasiones respondiendo a legislaciones ambientales pero esto no implica que si se decide reciclarlo, su recuperación sea sencilla o barata, por el contrario, muchas veces por hacer un diseño más funcional, la recuperación de los componentes y elementos del producto se complica [6], pues el producto originalmente no está diseñado para ser reciclado

Cuando un fabricante se decide por el reciclado como estrategia de fin de vida para sus productos, este debe modificar ciertas características del diseño del producto con el fin de que la recuperación de los materiales se facilite en lo posible, esto implica que el producto contará con más restricciones para su diseño las cuales deben ser consideradas para el proceso de fabricación [7].

Entre estas restricciones se pueden mencionar los tipos de materiales a utilizar, un diseño modular que pueda facilitar en mucho el proceso de separación de componentes sin necesidad de procesar el producto totalmente.

El considerar un producto para ser reciclado debe llevar un cambio de enfoque de los fabricantes y por lo tanto la forma de concebir a los productos deberá incluir además de: funcionalidad, calidad y precio; la facilidad para su reciclado [8].

## **OBJETIVO GENERAL**

Integrar restricciones técnicas y económicas en las primeras etapas de diseño de productos reciclables.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO**

Determinar perfiles de productos como herramienta para el diseño de productos reciclables.

## **DESARROLLO**

Un producto que puede ser reciclado debe cumplir con ciertos criterios o parámetros que faciliten su proceso de transformación. Un criterio significativo es un parámetro que ayuda a determinar la viabilidad del reciclado de un producto específico, basándose en un rango numérico que debe de ser cubierto por el producto o bien por el hecho de que cuente o no con dicha característica.

Para la caracterización de los productos reciclados se realizó un análisis bibliográfico con el objetivo de obtener un número importante de criterios significativos de reciclado que expliquen dicho proceso. Se analizaron estudios de casos de productos utilizados en la vida diaria, como: artículos personales, electrodomésticos, etc.

Los resultados obtenidos arrojaron 64 criterios generales que se separan en primer término por dos perspectivas: La primera de ellas con un punto de vista externo al producto, es decir a su entorno y un segundo punto de vista que es el interno referido a su proceso de reciclado.

## **CRITERIOS INTERNOS**

Son considerados como criterios internos aquellos factores que son características intrínsecas del producto o su proceso productivo y que además influyen de una manera muy importante en su desarrollo y diseño. Los criterios internos se refieren principalmente a los procesos de transformación de los materiales y todos los parámetros que esta transformación involucra y la arquitectura del producto que se va a reciclar, refiriéndose al número de componentes y acomodo de los mismos dentro del producto (Vea Figura 1).

Del análisis bibliográfico y de estudios de casos se obtuvieron 22 criterios internos y se propuso agruparlos en tres grupos: Proceso de reciclado del producto, proceso de recuperación y estructura del producto



Figura 2. Factores internos de productos reciclados

### CRITERIOS EXTERNOS

Los criterios externos son aquellos factores que no son características intrínsecas del producto o de su proceso productivo pero que influyen de una manera muy importante en su desarrollo. Los criterios externos se refieren principalmente a tendencias comerciales y cuestiones tanto tecnológicas como sociales que afectan la aceptación y éxito de un producto y por lo tanto determinan las características que deberá tener para poder sobrevivir en el mercado (Vea Figura2).

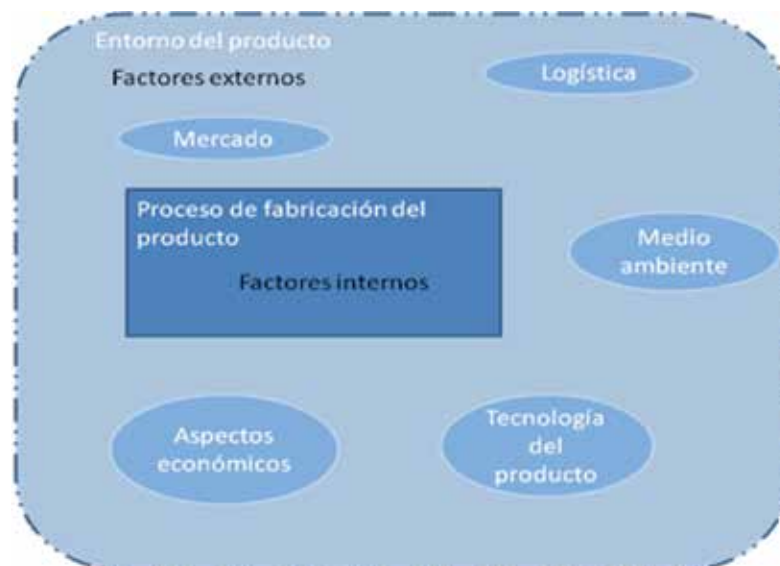


Figura 2. Factores externos de productos reciclados

Del análisis inicial se obtuvieron 42 criterios externos y se propuso agruparlos en cinco grupos: Logística, aspectos económicos, mercado y tecnología del producto.

## APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES A 20 PRODUCTOS RECICLADOS

Con los 22 criterios internos y los 42 criterios se procedió a determinar cuales son los criterios significativos que determina a un producto reciclable. Los criterios se aplicaron en 20 productos diferentes que se reciclan, con el propósito de poder establecer relaciones entre los criterios encontrados y las diferentes formas de reciclaje que presentan estos productos para finalmente determinar perfiles de reciclado. Debido a la diversidad de productos y a los diferentes valores que se obtuvieron, se optó por organizar los valores en rangos para poder interpretar de mejor manera la información.

Los productos que se utilizaron para este estudio fueron los siguientes: Llantas, papel plástico, vidrio, autos, televisor, hierro, celulares, batería, aluminio, CPU, lavadoras, estufas, pallets, tóner, microondas, refrigeradores, reproductores de DVD, cargador de celular y CDs.

Con los resultados del estudio a los 20 productos, se procedió a aplicar un Análisis de Componentes Principales (ACP) a los criterios utilizando sus valores y realizando un análisis independiente para los criterios externos y los internos; con el fin de disminuir el número de criterios utilizados, dejando sólo los criterios que describen verdaderamente a un producto reciclado y pudiendo identificar por medio de esta técnica a los criterios poco significativos o redundantes.

Para aplicar el ACP a los criterios, se utilizó el paquete estadístico StatGraphics con el cual introduciendo las diferentes variables y sus valores en una matriz, nos arroja los valores de las combinaciones lineales de estas variables y nos permite identificar variables poco importantes o redundantes.

## RESULTADOS

El análisis de componentes principales realizado con el conjunto de criterios arroja como resultado la discriminación de criterios no relevantes en el estudio pero además la formación grupos de productos debido a similitudes en sus características internas y externas; quedando al final del análisis un total de 34 criterios 22 externos y 21 internos. Con estos criterios se agruparon los productos desde un punto de vista interno y externo, Los grupos de productos tanto por criterios internos como externos se obtuvieron al emparejar a las diferentes componentes resultantes del ACP en gráficas y observar cómo se distribuían los productos en las mismas.

## DETERMINACIÓN DE GRUPOS CON CRITERIOS INTERNOS

Para los criterios internos se determinaron los grupos arrojados por la comparación de las componentes C2 y C3. A partir de estos componentes los productos se agruparon en 5 grupos (Ver Tabla 1).

C2 vs C3					
G1	G2	G3	G4	G5	G6
Aluminio	Refrigerador	Televisor	Microondas	CD	Auto
Papel	Lavadora	Celular	Rep. DVD		
Vidrio	CPU	Tóner	Batería		
Plástico	Estufa		Cargador		
Pallet			Llanta		
Hierro					

Tabla 1. Agrupación de productos por criterios internos.

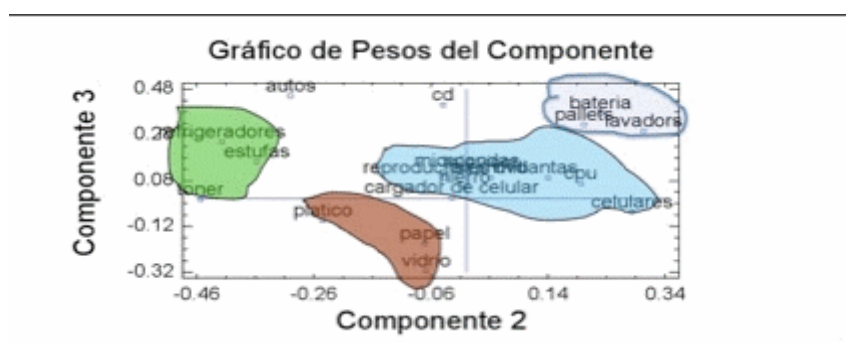


Figura 3. C2 vs C3 para criterios internos

### DETERMINACIÓN GRUPOS CON CRITERIOS EXTERNOS

Para el caso de los criterios externos se decidió utilizar la combinación de las componentes C2 y C3 debido a la claridad y coherencia de los datos con la agrupación en la figura (Ver figura 4).

C2 vs C3					
G1	G2	G3	G4	G5	G6
CD	Batería	Papel	Llantas	Estufa	Auto
	Lavadora	Plástico	Televisor	Tóner	
	Pallet	Vidrio	Hierro	Refrigerador	
			Celular		
			Aluminio		
			CPU		
			Cargador		
			Rep. DVD		

Tabla 2. Agrupación de productos por criterios externos

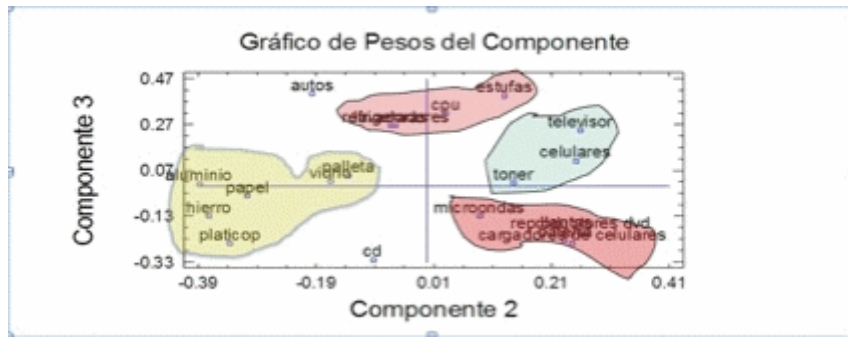


Figura 4. C2 vs C3 para criterios externo

## DEFINICIÓN DE PERFILES DE PRODUCTOS RECICLABLES

Un Perfil de Producto Reciclable es un conjunto de factores internos y externos que un producto debe poseer para considerarlo como un producto diseñado para el reciclado [4]. Un perfil de producto está conformado por un conjunto de criterios que evalúan las características extrínsecas e intrínsecas del producto objeto de análisis, cada criterio se encarga de medir el grado en el que el producto cumple con una característica particular por ejemplo: el número de veces que puede ser reciclado o el % de material que se puede recuperar del mismo en el proceso de reciclado; por lo que además cada criterio tiene una escala y unidades particulares.

La integración de los perfiles se realizó combinando los grupos formados por criterios externos e internos según aparecieran los productos repartidos en los mismos. Un perfil se integro de los criterios externos del grupo en el que se encontraba el producto o productos en la columna izquierda y los criterios internos del grupo en el que se encontrara el mismo producto o productos en la columna derecha. La unión de los criterios externos e internos se realizó debido a que debe de abarcar los aspectos extrínsecos e intrínsecos del producto analizado

Con las relaciones establecidas entre las dos columnas se formaron 12 perfiles de productos los cuales se muestran a continuación (Vea Tabla3).



	CRITERIO	UNIDADES	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL3	PERFIL 4
<b>Criterios Externos</b>	Nº de intermediarios	#	Regular(2-5)	Regular(2-5)	Regular(2-5)	Regular(2-5)
	Facilidad para recuperar el Material	-	Dificultad Media( Se esta sujeto a variabilidad en la disponibilidad del material)	Dificultad Media( Se esta sujeto a variabilidad en la disponibilidad del material)	Baja dificultad(Se puede obtener el material en fuentes constantes y confiables)	Dificultad Media( Se esta sujeto a variabilidad en la disponibilidad del material)
	Agente de recolección	-	- Privado	Privado	Mixto	- Mixto
	Costo de la mezcla de material virgen y reciclado	%	20-30%( costo normal)	40-50%(costo elevado)	Menos de 20%( ideal por el bajo costo)	Menos de 20%( ideal por el bajo costo)
	Beneficios del reciclado en el ambiente	%	Reduccion del desperdicio medio( mas del 50%eliminado)	Reduccion del desperdicio medio( mas del 50%eliminado)	Reduccion del desperdicio medio( mas del 50%eliminado)	Reduccion del desperdicio medio( mas del 50%eliminado)
	Impacto ambiental del reciclado	-	Bajo (Sin repercusiones al ambiente)	Bajo (Sin repercusiones al ambiente) menos de 1000 tons/mes	Medio(Contaminación manejable)	bajo- medio
	Toxicidad del producto a reciclar	-	Baja toxicidad	Mediana toxicidad (Pesticidas, residuos de filtración y limpieza, residuos inflamables)	no toxico	Alta toxicidad (Ácidos, Reactivos, Residuos de cianuro y plomo)
	Incentivos económicos del gobierno	-	No	No	no	No
	Sector de Aplicación del Producto reciclado	-	Sector eléctrico y de comunicaciones	Sector eléctrico, comunicaciones y embalaje	Sector de Embalaje Uso General(utensilios)	Sector eléctrico y de comunicaciones
	Nivel de competencia	#	Bajo (1 - 2)	Bajo (1 - 2)	Alto ( 10 – mas)	Alto ( 10 – mas)
	Disponibilidad de la materia a reciclar en el mercado	#	Bueno(5-9)	Bueno(5-9)	Excelente(mas de 10 años)	Excelente(mas de 10 años)
	Aceptación del producto reciclado por los consumidores	-	Regular(no les molesta usarlo pero lo preferirían de material virgen)	Regular(no les molesta usarlo pero lo preferirían de material virgen)	Buena(no existe inconveniente)	Regular(no les molesta usarlo pero lo preferirían de material virgen)
	Flujo del producto	#	Alto (> 10000)	Bajo <10000	Alto (> 10000)	Alto (>10000)
	Demanda del material en el mercado	#	- Alta (1 000 o mayor)	- Baja (<1 000)	- Alta (1 000 o mayor)	- Alta (1 000 o mayor)
Profundidad de la familia de productos	#	Baja (1 – 3)	(1 – 10)	Baja (1 – 3)	Media (4 – 10)	
Disponibilidad de repuestos	-	Alta	Alta	alta	Media (4 – 10)	
<b>Criterios Internos</b>	Tecnología del proceso de reciclado	-	Bajo(métodos y maquinaria tradicional)	Bajo(métodos y maquinaria tradicional)	Alto(tecnología de Punta)	Alto(tecnología de Punta)
	Tipo de reciclaje	-	Cerrado	Abierto	Abierto	Abierto
	Tipo de prueba que se lo realizan al material	-	Físicas	Físicas	Químicas	Físicas/químicas
	Tiempo de desmontaje	%	Medio (40 – 70)	(0 – 69)	na	Bajo(0 – 39)
	Tiempo de recuperación	Años	Corto plazo (0 - 1)	Mediano plazo (2 - 7)	Mediano plazo (2 - 7)	Mediano plazo (2 - 7)
	Tipo de residuos	-	Sólidos (virutas, agentes extraños)	Líquidos (Desengrasantes, aditivos, otros lodos residuales)	Sólidos (virutas, agentes extraños)	Sólidos (virutas, agentes extraños)

Tabla 3. Perfiles de Productos Reciclables

Los valores que se muestran en los perfiles así como las unidades de medición son características de cada criterio y describen el grado en el que el producto debe de cumplir con dicho criterio. (Vea tabla 3).

	CRITERIO	UNIDADES	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL3	PERFIL 4
Criterios Internos	Tipo de proceso productivo	-	Sencillo	Simple	Complejo	Simple
	Porcentaje de recuperación de desechos (Tasa de reciclaje)	#	Medio (40 - 69)	(1 a 11)	1	(0 a 11)
	Número de módulos	#	Modulación baja (1 a 10)	Modulación baja (1 a 10)	1	Modulación baja (1 a 10)
	Tipo de arquitectura del producto	-	Modular	Modular	No modular	Modular
	Tipos de conexiones en el producto	-	Presion	Atornillado	na	Soldado/atornillado
Criterios fijos deseables	Nivel de contaminación	%	30% MAX	30% MAX	30% MAX	30% MAX
	Calidad del producto vs. Otros productos similares	-	2:misma calidad	2:misma calidad	2:misma calidad	2:misma calidad
	Valor del material reciclado	%	Mucho Menor (< 80%)	Mucho Menor (< 80%)	Mucho Menor (< 80%)	Mucho Menor (< 80%)
	Pertenencia a una familia de productos	-	Si	Si	si	Si
	Etapa en el ciclo de vida del producto	-	Crecimiento (Madurez)	Madurez	Madurez	Madurez

Tabla 3. Perfiles de Productos Reciclables (continuación)

Estos perfiles muestran entonces los criterios internos y externos deseables que deben poseer los productos que serán. Un perfil se integra por tres tipos de criterios

- **Criterios fijos** los cuales son determinantes ya que de estos de depende el éxito del proceso de reciclado; por lo que producto sometido a estos perfiles debe de cumplir un cierto nivel en el rango de valor de estos criterios. (en rosa)
- **Criterios característicos.** Estos criterios son los que diferencian a un perfil del otro marcando la tendencia del mismo dependiendo del tipo de producto o material que se este manejando; el producto sometido a los perfiles debe de entrar en el rango de valor de estos criterios. Son los criterios marcados con el color amarillo
- **Criterios deseables.** Este tipo de criterios son un poco mas flexibles que los anteriores debido a que no es imperativamente necesario que el producto entre en el rango de valor de todos estos criterios; , estos criterios miden mas características externas que internas del producto. Marcados en color blanco

## CONCLUSIONES

El desarrollo de estos perfiles para productos reciclados es una primera guía para el desarrollo de nuevos productos o un rediseño de productos ya existentes que necesitan ser modificados para adaptarse a las nuevas condiciones del mercado pensando en el reciclado como estrategia de fin de vida.

Un perfil permite evaluar los aspectos internos y externos del producto mediante variables comúnmente medibles y que son importantes desde el origen, proceso de producción, vida útil y destino final del producto. La aplicación de estos perfiles a los productos se debe hacer considerando que los criterios manejados se deben tomar como los más deseables o ideales ya que no siempre se pueden cubrir todos los aspectos, pero al considerar la mayoría de ellos, se puede asegurar que los productos cumplirán con las expectativas para ser reciclados de una manera adecuada y con el menor impacto ambiental posible.

La selección adecuada del perfil para un producto determinado se hace con base al número de criterios que el producto satisfaga, para esto, se obtiene el porcentaje de los criterios evaluados que son satisfechos por dicho producto. El perfil que obtenga el mayor porcentaje de criterios satisfechos es el perfil seleccionado para dicho producto.

## BIBLIOGRAFÍA

1 Hata, T., *A Method for Life Cycle Design to Improve Service Quality Management, Thesis, The University of Tokyo, 2002*

2 Henderson J. (Ed.), *"Sustainability Reporting Guidelines 2002", Global Reporting Initiative, Boston, 2002.*

3 Jahau Lewis Chen, *"Some Observations on Recycling of Electrical Home Appliance Activities in Taiwan", IEEE, 2001*

4 Lopez-Ontiveros M. A. Zwolinski P. Brissaud D. *Integrated design of remanufacturable products based on product profiles. Journal of Cleaner Production, 2006*

5 Mathieux F. *Contribution a l'integration de la valorisation en fin de vie des la conception d'un produit. Une methode basee sur l'evaluation multicriteres de la recyclabilite du produit et sur l'identification de ces points faibles de conception PhD thesis, ENSAM - Chambéry, 2002*

6 Stevens A. *"Integration of EcoDesign into Business, A New Challenge", Proceedings of Ecodesign'99, 1-3 February, 1999, pp. 27-32.*

7 Thierry Bussien, *Le recyclage des CD?, Projet STS Ecole Polytechnique Fédéral de Lausanne, 2005*

8 Tim Denne, Reuven Irvine, Nikhik Atreya, Mark Robinson, *"Recycling: Cost Benefit Analysis" COVEC 2007*



**COMPILACIÓN DE ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN  
RED ACADÉMICA INTERNACIONAL UADY, UAM-A, WPI, TAMU E INVITADOS**

**ADMINISTRACIÓN Y TECNOLOGÍA PARA ARQUITECTURA, DISEÑO E INGENIERÍA**  
se terminó de imprimir en ]Diciembre de 2014.

La presente edición consta de 100 ejemplares.

Distribuido por la División de Ciencias y Artes para el Diseño,  
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco,

Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, C.P. 02200, México D.F.  
Edificio H, Planta Baja