

# Implementación de BIM en Proyectos Inmobiliarios

*José Roberto Salinas<sup>1</sup>*

Escuela de Postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Lima, Perú)

*Karem Asthrid Ulloa Román<sup>2</sup>*

Escuela de Postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Lima, Perú)

## RESUMEN

Debido al importante crecimiento de la demanda de viviendas, las empresas inmobiliarias y constructoras se han visto en la necesidad de acelerar sus procesos de diseño, presentándose deficiencias como falta de detalles, incompatibilidades y cruces entre especialidades e inconsistencias que generan problemas que repercuten en el proceso de construcción.

BIM se presenta como una propuesta importante en la gestión de diseño y construcción a través de la representación digital de un producto (modelo) que es desarrollado colaborativamente, es decir es un enfoque totalmente nuevo para la práctica y la promoción de las profesiones que requiere la implementación de nuevas políticas, contratos y relaciones entre los involucrados del proyecto (Kymmell, 2008).

Implementar BIM y obtener sus beneficios implica un cambio en el enfoque de la gestión de los proyectos, Succar (2009) propone un marco que permite que los involucrados que forman parte de la industria de arquitectura, ingeniería, construcción y operaciones (AECO, por sus siglas en

---

<sup>1</sup> E-mail: jsalinas@marcan.com.pe

<sup>2</sup> Responsable de Servicio de Calidad, Odebrecht Infraestructura. E-mail: karem\_1408@hotmail.com

Salinas, J. R. & Ulloa Román, K. A. (2014). Implementación de BIM en Proyectos Inmobiliarios. *Sinergia e Innovación*, 2(1), 229-255.

Fecha de recepción: 01/04/2014

Fecha de aceptación: 28/04/2014

inglés) entiendan los campos de acción de BIM, sus etapas de implementación y los objetivos que se deben alcanzar con su implementación.

Con el objeto de demostrar que BIM es aplicable y beneficioso, se presenta las métricas de mejoras de la implementación de una empresa inmobiliaria y constructora en la que se tuvo en cuenta a los involucrados desde etapas tempranas en torno al modelo BIM desarrollado colaborativamente por la misma organización.

## **PALABRAS CLAVE**

BIM, implementación, construcción, inmobiliaria

## **Implementing BIM in Real Estate Projects**

### **ABSTRACT**

Significant growth in demand for housing, has led to real estate and construction companies accelerating their design processes, leading to deficiencies such as lack of detail, inconsistencies, and inconsistencies crosses between specialties, creating problems that affect the construction process.

BIM is presented as an important proposal to manage design and construction through the digital representation of a product (model) that is developed collaboratively, that is, a totally new approach to the practice and promotion of professions requiring implementation of new policies , contracts and relations between stakeholders of the project (Kymmell, 2008) .

Implementing BIM and obtaining benefits involves a change in the approach to project management. Succar (2009) proposes a framework for those involved in the architecture, engineering, construction and operations (AECO) industries to understand the fields of action of BIM, the stages of implementation and the objectives to be achieved with implementation.

In order to demonstrate that BIM is applicable and beneficial, this paper presents metrics that show improvements upon implementation of BIM in a real estate and construction company, that involved stakeholder from the early stages within the collaborative development of the organization's BIM model.

## KEYWORDS

BIM, implementation, construction, real estate

## Introducción

Estudios realizados en Brasil (Picchi, 1993) y Chile (Alarcón & Mardones, 1998) acerca de las causas de los desperdicios en obras de edificaciones y los defectos del diseño respectivamente, nos muestran que las pérdidas más importantes que se originan en la construcción de viviendas son la no optimización de los proyectos y el inadecuado seguimiento durante la etapa de construcción

Se observó que el 30% del total del costo de las obras de edificaciones son desperdicios y una de las causas más incidentes de generación de desperdicios son los proyectos no optimizados con 6%. Asimismo, las tres causas más incidentes para los defectos del diseño y que representan el 38.34%, son los escaso detalle de los elementos estructurales, falta de planos detallados de arquitectura e incompatibilidad entre especialidades.

El objetivo de esta investigación es presentar los resultados de la implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción en una empresa inmobiliaria y constructora, como propuesta para la mejora de la productividad y analizar su impacto en la organización.

Para lograr este objetivo, se propone mapear e identificar los procesos de diseño y construcción; establecer los procedimientos para la implementación de BIM; realizar métricas que nos permitan establecer mejoras; y cuantificar los costos y beneficios obtenidos.

De este estudio se concluye que implementando BIM se identifican una considerable cantidad de incompatibilidades que cuantificadas para establecer su impacto en la construcción superan la inversión de la implementación. Asimismo, se demostró el beneficio que trae al reducirse la cantidad de RFIs en la etapa de construcción (menor al 10% comparado con proyectos ejecutados), por lo que podemos afirmar que la implementación BIM beneficia grandemente a los proyectos.

El trabajo se estructura partiendo del mapeo de los procesos de diseño y construcción, estableciendo en qué medida deben cambiar las políticas, los procesos y cuáles serán las herramientas adecuadas para iniciar la implementación de BIM.

## Contexto

Succar (2009) propone un marco que permite que los involucrados que forman parte de la industria de arquitectura, ingeniería, construcción y operaciones (AECO, por sus siglas en inglés) entiendan los campos de acción de BIM, sus etapas de implementación y los objetivos que se deberían alcanzar con su implementación.

## **Campos BIM**

BIM está integrado por tres campos que son tecnología, procesos y políticas. Cada uno de éstos tiene sus integrantes, requerimientos y entregables.

### **Tecnología**

Son las organizaciones que generan software y los equipos de aplicación para el diseño, construcción y operación de instalaciones.

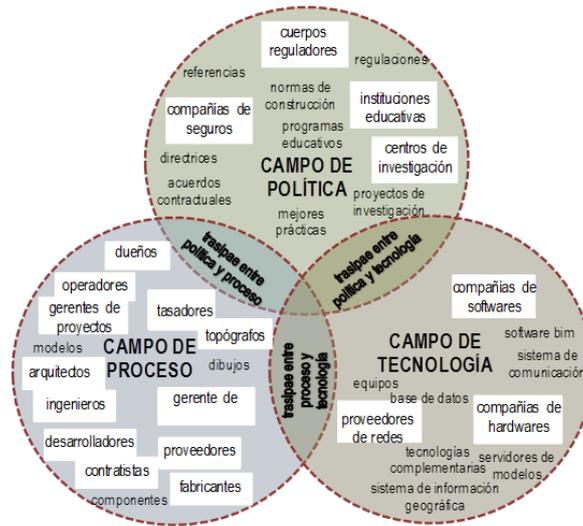
### **Procesos**

Involucra a un grupo de personas (propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas, etc.) que se encargan de la procura, diseño, construcción, manufactura, uso, gerenciamiento y mantenimiento de infraestructuras.

### **Políticas**

Grupo de personas que cumplen un roles contractuales, regulatorios y preparatorios en los procesos de diseño, construcción y operaciones. Estas trabajan en compañías de seguros, centros de investigación, instituciones educativas y organismos reguladores.

Estos campos interactúan mediante transferencia de información y relaciones contractuales; asimismo, se traslapan debido a que comparten involucrados y entregables.

**Gráfico 1 Los tres campos entrelazados de la actividad BIM**

Fuente: Succar, 2009.

## Etapas BIM

Succar (2009) propone etapas por los que deben pasar los involucrados en AECO para la implementación BIM que definen el nivel de madurez en su aplicación. Las etapas se pueden dividir en pre-BIM; tres etapas de madurez BIM; y la etapa de entrega de proyecto integrado (IPD, por sus siglas en inglés).

**Gráfico 2 Madurez BIM dividida en tres etapas**

Fuente: Succar, 2009

## Pre-BIM

La industria de la construcción se caracteriza por relaciones antagónicas y existe mucha dependencia en la documentación 2D para describir la realidad 3D. Aun cuando las visualizaciones 3D son generadas, estas son a menudo incoherentes y se apoyan en documentación 2D y en detallamientos. Las cantidades, estimaciones de costos y

especificaciones no son derivadas del modelo ni están vinculadas a la documentación. Asimismo, las prácticas de colaboración entre los involucrados no son prioritarias y el flujo de trabajo es lineal y asincrónico.

### **Etapa BIM 1 (Modelamiento basado en el objeto)**

La implementación BIM se inicia a través del uso de un software paramétrico 3D basado en el objeto como ArchiCAD, Revit, Tekla, etc. En esta etapa, los usuarios generan modelos independientes dentro de cualquier fase del proyecto (diseño, construcción u operación). Los entregables del modelamiento son modelos para arquitectura o construcción usados principalmente para automatizar la generación y coordinación de la documentación 2D y visualización 3D.

Las prácticas de colaboración son similares a la etapa pre-BIM: los intercambios de data entre los involucrados del proyecto son unidireccionales y las comunicaciones son asincrónicas y desarticuladas.

### **Etapa BIM 2 (Colaboración basada en el modelo)**

En esta etapa los involucrados, después de haber alcanzado experiencia en el manejo del modelo, activamente colaboran entre sí. Esto incluye el intercambio de modelos o partes de éste mediante diferentes formatos. Esta etapa puede ocurrir dentro de una fase o entre fases de un proyecto, por ejemplo: intercambio de modelos de arquitectura y estructuras en el diseño, intercambios de modelos entre el diseño y la construcción o entre el diseño y la operación.

Aunque la comunicación entre los involucrados sigue siendo asincrónica, las barreras entre éstos comienzan desaparecer. Los modelos tienen cada vez más detalle y reemplazan a los modelos usados en las otras etapas.

### **Etapa BIM 3 (Integración basada en redes)**

En esta etapa, modelos integrados son creados, compartidos y mantenidos colaborativamente a lo largo de todas las fases del proyecto. Los modelos BIM en esta etapa son interdisciplinarios que permiten análisis complejos en etapas tempranas de diseño y construcción. El intercambio de información obliga a que las fases del proyecto se traslapen. Los entregables van más allá de sólo objetos con propiedades puesto que también se incluyen los principios lean, políticas ecológicas y el costo completo del ciclo de vida.

Para la implementación de esta etapa, es necesario un replanteamiento de las relaciones contractuales, modelos de asignación de riesgos y flujos de procedimientos. Los prerrequisitos

para todos estos cambios es la madurez de las tecnologías de software y redes para que se consiga un modelo compartido interdisciplinario que provea un acceso en dos sentidos a todos los integrantes.

### **Entrega de proyectos integrada (IPD)**

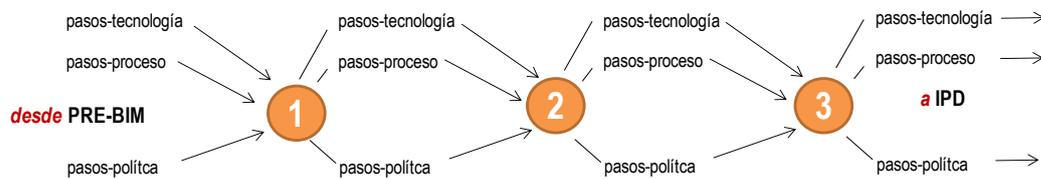
De acuerdo a Succar (2009), el IPD representa la visión a largo plazo a la que debe apuntar BIM mediante la fusión de las tecnologías, procesos y políticas. El IPD es un enfoque que integra personas, sistemas, estructuras de negocios y prácticas en un proceso que colaborativamente aprovecha los talentos e ideas de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, incrementar valor para el dueño, reducir desperdicio y maximizar la eficiencia a través de todas las fases de diseño, fabricación y construcción.

### **Pasos**

Succar (2009) establece una serie de pasos que deben ser cumplidos para poder avanzar entre las etapas de implementación BIM. Estos pasos se han dividido en función de los campos BIM (tecnología, proceso y política).

- Tecnología: software, hardware y redes. Por ejemplo: la disponibilidad de una herramienta BIM que permita la migración del dibujo a objetos.
- Proceso: liderazgo, infraestructura y recursos humanos. Por ejemplo: procesos de colaboración y habilidades para compartir base de datos son necesarios para conseguir una colaboración basada en el modelo (etapa 2).
- Políticas: contratos, regulaciones, investigación y educación. Por ejemplo: acuerdos contractuales con riesgos compartidos y basados en alianzas son pre-requisitos para lograr prácticas integradas (etapa 3).

Estos pasos también permiten evaluar los niveles de madurez de las organizaciones, qué pasos se han conseguido y qué pasos faltan cumplir.

**Gráfico 3 Lista de tipos de pasos para etapas BIM**

Fuente: Succar, 2009

## Estrategia

Enfocados en los pasos propuestos por Succar (2009) para una adecuada implementación de BIM, se estableció la estrategia para lograr el objetivo planteado. La estrategia consiste en la identificación y el establecimiento de nuevas políticas organizacionales, el cambio en los procesos y el uso de herramientas adecuadas acordes a la actividad del negocio, para lograr situar a la organización en la etapa 2 de BIM de colaboración basada en el modelo de Succar (2009). Para ello, nos centramos en el análisis de las políticas, procesos y herramientas, de la empresa inmobiliaria y constructora peruana Marcan y mostramos los cambios a partir de la implementación.

### Necesidad de implementar BIM (crisis)

En los últimos años, se consiguieron buenos resultados en productividad con la aplicación de *lean construction* y las herramientas de planificación como *last planner system*, pero se presentaban obstáculos que ocasionaban variabilidades, como las incompatibilidades en las especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, instalaciones mecánicas) e indefiniciones en las terminaciones (puertas, ventanas, pisos, muebles de cocinas y closets), con variaciones en el alcance y consecuentes incrementos de costos y plazos. Es por ello que, en busca de una mejora en la gestión de la información en las etapas el diseño y construcción, surge la necesidad de mejorar la gestión con el uso de nuevas tecnologías como es BIM (*building information modeling*).

### Propuesta de mejora

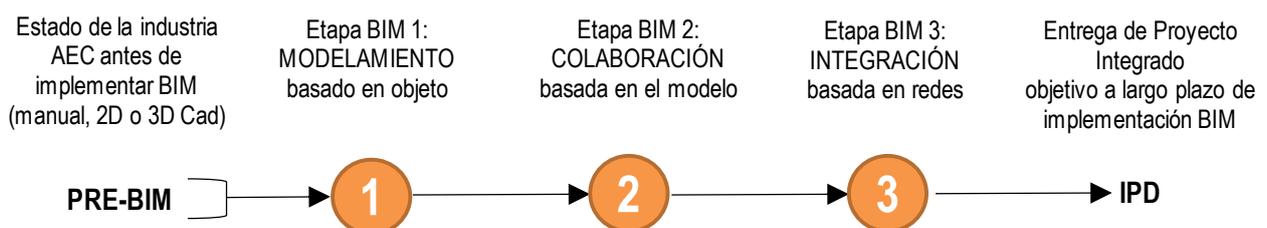
Para plantear mejoras en la gestión de proyectos, debemos tener establecido claramente las políticas organizacionales, los procesos de gestión y los recursos que se requieren para que esto sea posible a fin de poder obtener métricas de estas mejoras. Previo al establecimiento de la mejora en los procesos de implementación, se realizó un mapeo de los procesos indicando donde

se están introduciendo las herramientas BIM, para poder entenderlos y plantear las mejoras que se desea establecer. Antes de pasar a explicar la propuesta, se debe resaltar que debido al bajo nivel de madurez que tiene el mercado nacional respecto al uso de BIM (propietarios, proyectistas, constructores y proveedores), ello se convierte en un factor determinante para que la implementación de BIM se realice en forma gradual.

La estrategia de implementación también debe abordar el modo en que la nueva solución coexistirá inicialmente con las aplicaciones de diseño 2D y modelado 3D. Abandonar de forma masiva estas aplicaciones de diseño que van a ser sustituidas es poco práctico y, a menudo, poco acertado, pero a medida que se amplía la implantación, la estrategia también podría incluir planes para la retirada por fases de los sistemas antiguos, en caso necesario.

En vista de la situación actual en la que se encuentra la industria de construcción (servicio de proyectistas, normas, estándares, procesos) en relación al tema de la implementación BIM, no se puede pretender que una empresa alcance directamente el estado 3 o inclusive el IPD. Por lo tanto, se propone que primero se debería comenzar a trabajar en los estados 1 y 2 para posteriormente pasar a estados más superiores. Es decir, cada estado debe ser un pre-requisito para poder alcanzar los siguientes niveles. En base a la experiencia que ya cuenta la empresa Marcan en el uso del modelo BIM, la propuesta de mejora está enfocada en el nivel 2 (Colaboración basada en el modelo):

**Gráfico 4 Nivel de la propuesta de mejor en Marcan**



Fuente: Elaboración propia

### Las políticas

Las organizaciones deben dar un giro de 360° al implementar BIM. Se tiene que pensar en la creación de un área conformada por profesionales comprometidos y convencidos de que se puede mejorar la gestión de los proyectos, para lo cual se requiere capacitar a un equipo en el manejo de herramientas tecnológicas; así mismo sensibilizar a los proyectistas y proveedores estratégicos en

el conocimiento y la importancia de BIM como medio para mejorar la productividad y reducir los retrabajos y mejorar los tiempos en el diseño y construcción.

El establecimiento de políticas y la asignación de los recursos para la implementación, teniendo presente que BIM es una manera distinta y beneficiosa de gestionar los proyectos, es el primer paso y por ello se requiere maduración y convencimiento de la alta dirección de la organización para apostar por este cambio que será muy beneficioso para todos los involucrados ya que las mejoras en productividad se verán desde el primer modelo.

El cambio las políticas tiene que ver también con el cambio en la forma de contratación y compromiso de los proyectistas, ya que en nuestra industria los proyectistas están acostumbrados a realizar sus proyectos de manera aislada sin interactuar con los demás especialistas y con escasas reuniones de coordinación apenas orientadas a establecer puntos de partida para desarrollar su diseño y establecimiento de consideraciones de diseño, que muchas veces no están escritos o esclarecidos.

Por ello es importante que en los contratos de diseño se deban establecer cláusulas específicas de compromiso y participación de los proyectistas en las sesiones de ingeniería concurrente o ICE (por sus siglas en inglés de *integrate concurrent engineering*), en la que existe una participación activa a través de la visualización del modelo con los todos los involucrados y en las que aporten sus experiencia para el levantamiento de observaciones y revisión de incompatibilidades del proyecto.

### Los procesos

En segundo lugar, es necesario mapear los procesos de las áreas de la organización en donde vamos a implementar BIM. Esto es muy importante ya que nos va a permitir establecer los puntos de partida para la implementación. En nuestro caso de estudio, aplican a una inmobiliaria y constructora los procesos de diseño y construcción. El mapear los procesos nos permitirán poder establecer las métricas de mejora que nos garantizaran cuantificar el éxito de la implementación.

### Las herramientas

Por último, y no menos importante, es el establecer las herramientas tecnológicas que vamos a emplear. En el mercado existen varias herramientas tecnológicas, como es el caso del Revit, Archicat, Tekla, Bentley, etc. Este software requiere de ordenadores con una buena capacidad de memoria y tarjetas de video adecuadas. Se facilita la visualización y el traslado de la información de planos en 2D al modelo en 3D si se cuenta como dos monitores por ordenador. Asimismo, se requiere del acondicionamiento de una sala de sesiones (ICE) para las coordinaciones

interdisciplinarias con los involucrados en el proyecto que debe contar para este fin con por lo menos dos proyectores con sus respectivos ecrans.

En el mercado local, los entregables de los proyectistas se desarrollan en planos en 2D y son pocas las oficinas de proyectos que están dispuestas a migrar al uso de herramientas BIM porque desconocen de sus bondades o se resisten al cambio, ya que se sienten cómodos con las herramientas que utilizan. Por lo tanto, la propuesta de mejora parte por desarrollar el modelo en la etapa de diseño desde planos en 2D que son revisados y mejorados haciendo uso de sesiones ICE interdisciplinarias con los involucrados. Estas sesiones seguirán la metodología de ingeniería concurrente, propuesta por el CIFE (Center for Integrated Facility Engineering, 2007) y que se llevan a cabo con la participación de todos los involucrados que aporten información al modelo.

Debemos tener muy en claro que el implementar BIM en una organización no es promover el uso de un software, ya que este viene a ser la herramienta para lograr el objetivo: que es obtener un modelo con la información oportuna para poder construir el proyecto sin paras en los procesos por planos incompletos, trabajos re hechos y falta de información.

Teniendo claro este concepto, la propuesta de mejora radica en que durante la etapa de diseño el modelo vaya siendo enriquecido por los involucrados en el diseño como son los proyectistas (estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas), los proveedores estratégicos (grupo electrógeno, extracción de monóxido, aire acondicionado, agua contraincendios, alarma contra incendios, ascensores) y los subcontratistas de acabados (muebles de cocina y closet; puertas, mamparas y ventanas); a través de las sesiones de trabajo que se proponen y que son la base para el éxito de la implementación de BIM.

Para lograr la etapa BIM 2 de colaboración basada en el modelo propuesto por Succar (2009), se plantea que el modelo sea desarrollado por la misma organización en forma secuencial empezando por las especialidades de estructuras, luego arquitectura y finalmente las instalaciones.

La aplicación de la metodología de las sesiones de ingeniería concurrente es productiva cuando se dan las condiciones adecuadas para que los participantes puedan, a través de la visualización del modelo en un ambiente diseñado apropiadamente para este fin, aportar soluciones y propuestas de mejoras en base a lo que se muestra en el modelo. Si no se dan estas condiciones es poco lo que se puede aprovechar de los participantes.

## Resultados

### Alcance de la mejora en el proceso de diseño

La propuesta planteada empieza con la elaboración de un mapa de los procesos donde se han listado a los involucrados, las actividades que les corresponden y los flujos entre éstos. Para esto, se llegó a establecer en el diseño seis fases que son:

1. Coordinación de especialidades.
2. Modelado BIM de estructuras y arquitectura.
3. Sesiones de trabajo para la resolución de incompatibilidades de estructuras y arquitectura.
4. Modelado BIM de instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias e instalaciones mecánicas.
5. Sesiones de trabajo para la resolución de incompatibilidades de instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias e instalaciones mecánicas.
6. Sesiones de trabajo con proveedores y sub contratistas.

Como herramientas en la implementación de BIM para la generación de la información, se propone utilizar el software Revit 2013 que involucra a Revit Structure, Revit Architecture, Revit MEP y complementariamente Navisworks. La herramienta Revit nos permite trabajar las especialidades en simultáneo con diferentes modeladores BIM, para ello se requiere contar con una base centralizada donde sea almacena la información y se vaya extrayendo los avances para complementarlo con las demás especialidades.

### Alcances de la mejora en el proceso de construcción

La propuesta planteada para el proceso de construcción empieza con la elaboración de un mapa de los procesos donde se han listado a los involucrados, las actividades que les corresponden y los flujos entre éstos. La mejora se centra en aprovechar la información que nos muestra el modelo y que se reflejará en garantizar la continuidad de los procesos a través de las definiciones realizadas con anterioridad. Para esto, se logró establecer en el proceso de construcción tres fases que son:

- a) La generación de solicitudes de pedidos.
- b) La visualización del modelo y la resolución de consultas aclaratorias de las especialidades que han sido resueltos en la etapa de diseño.

- c) El seguimiento de la obra en las sesiones de programación de obra a través del 4D.

Al igual que en el proceso de diseño, la propuesta plantea el empleo de software como el Revit Structure, Revit Architecture, Revit MEP y Navisworks.

### **Beneficios de la implementación**

Se realizaron mediciones de indicadores en el proceso de diseño y construcción del proyecto de vivienda Mara, ubicado en el distrito de Barranco, Lima, Perú, a fin de establecer antecedentes y parámetros de control y mejora para futuros proyectos.

Las incompatibilidades e interferencias encontradas han sido clasificadas de acuerdo a su gravedad, cuantificadas, costeadas y comparadas con el costo de implementación, para establecer el costo beneficio de la implementación, encontrándose un beneficio en la implementación de U.S. \$11,731.80

Se ha podido establecer métricas de tiempo de modelado de las especialidades de arquitectura y estructuras de 0.058hh/m<sup>2</sup> de área construida, así como de las redes completas de agua contra incendios, recorridos en sótanos y montantes sanitarias, recorridos en sótanos y montantes eléctricas de 0.0467hh/m<sup>2</sup> de área construida, que servirán como referentes para futuros proyectos.

Se presenta un ejemplo de mejora de constructabilidad que pudo ser detectada durante las sesiones ICE y que generó un ahorro a la construcción importante de .U.S. \$9,600.71.

Se revisaron tres proyectos en los que no se tiene implementado BIM y se identificaron los RFIs presentados durante la etapa de construcción para compararlo con la cantidad de RFIs del proyecto donde se tiene el modelo, detectándose que se redujo a menor del 10% el número de requerimientos de información con el modelo BIM.

## **Conclusiones**

- La implementación de BIM en la empresa de estudio es una novedosa propuesta de gestión del diseño y construcción que nos permitió tomar decisiones en etapas tempranas, eliminar desperdicios y obtener mejoras en la productividad como las que se han obtenido en otros países.

- Para lograr implementar BIM, se requiere que en las organizaciones se den tres condiciones básicas. La primera es que se establezcan políticas que permitan introducir esta nueva tecnología y que va de la mano con capacitaciones de un equipo de trabajo (interno y externo a la organización), liderado por personas comprometidas. Asimismo, se requiere de la adecuación de los procesos en los que va a intervenir y, por último, contar con las herramientas adecuadas (software, hardware y equipos de visualización).
- Para obtener mejores resultados en el modelo se debe de involucrar desde etapas tempranas a los propietarios, proyectistas, proveedores estratégicos, contratistas y constructor.
- Los primeros resultados de la implementación de BIM se dan con la mejora de las comunicaciones entre todos los involucrados.
- Una primera etapa de la implementación de BIM comprende el paso de los planos en 2D al modelado, que es un proceso gradual que viene a ser la etapa pre-BIM, donde la información es obtenida de los proyectistas en planos en 2D que deben ser procesados “necesariamente” por la organización (ya que nuestro mercado no está preparado para ello) y de donde se obtiene información desarticulada que va a servir para objetivos puntuales (definidos por la organización), como es la visualización, identificación de incompatibilidades e interferencias, obtención de metrados, etc.
- De la experiencia obtenida, se puede establecer que se requiere de 0.058 hh/m<sup>2</sup> de área techada para el modelado de las especialidades de estructuras y arquitectura.
- Se ha determinado que se requieren de 0.046 hh / m<sup>2</sup> de área techada para el modelado de las especialidades de instalaciones MEP.
- El éxito de la implementación de BIM radica en el enriquecimiento del modelo por parte de los involucrados. Por ello, es necesario que exista un responsable (BIM manager) quien tendrá como funciones principales organizar el equipo de modeladores BIM; recopilar e identificar las interferencias e incompatibilidades detectadas por los modeladores; agendar y convocar a los involucrados a las sesiones de trabajo; y establecer los plazos para el cumplimiento.
- Cada organización debe establecer lineamientos básicos para la utilización de BIM desde etapas iniciales. Por ello, es necesario que se elabore un manual de procedimientos para

ser compartido por el equipo (BIM manager, modelador BIM y usuario BIM), el mismo que se irá mejorando conforme crece la implementación.

- Previo al inicio del modelado, el equipo de modeladores debe elaborar una plantilla central de inicio con información básica y de uso frecuente para evitar que se realicen re trabajos durante el proceso del modelado.
- La implementación de BIM en las organizaciones debe ser gradual en la que la parte interesada (los constructores) toman la iniciativa y sensibilizan a los demás involucrados (proyectistas, proveedores, sub contratista).
- La información que se ingresa al modelo debe ser multidisciplinaria y progresiva, debe darse desde el diseño y en las sesiones de ingeniería concurrente (ICE) con los involucrados con poder de decisión para evitar re trabajos en las sesiones siguientes.
- Para la realización de las sesiones (ICE) se debe de implementar un ambiente con un equipamiento mínimo que debe ser de por lo menos dos proyectores con ecran para la adecuada visualización del modelo.
- Para el paso de la etapa pre-BIM a fase 1 BIM, donde se requiere la importación del modelo desde los proyectistas, se debe establecer los lineamientos para referenciar los planos hacia un solo punto de partida (en planta y elevación) a fin de que se puedan encontrar las incompatibilidades.

## Recomendaciones

- BIM debe ser implementado en las empresas del sector construcción sin importar el tamaño de ésta como una estrategia de mejora de la gestión en los procesos de diseño y construcción.
- Antes de emprender la implementación de BIM en nuestras organizaciones, se debe realizar un mapeo de los procesos, ya que esto nos permite identificar plenamente a los involucrados en los procesos a implementar y obtener las métricas que deseamos controlar.
- Se debe crear alianzas estratégicas con los principales proveedores del mercado nacional para que desarrollen y ofrezcan sus productos modelados en familias (sanitarios y

griferías, puertas y ventanas, muebles de cocinas y closet, etc.), con las herramientas existentes en el mercado, a fin de que estas familias sean colgadas en sus portales para ser extraídas y llevados a los modelos para ser parte de ellos y sean aprobados por los proyectistas, para luego de ellos generar la cotización y orden de producción del proveedor.

- Como BIM y toda nueva tecnología requiere de un proceso de maduración se recomienda su difusión de los conceptos, beneficios y limitaciones a nivel de pre grado en las universidades.
- Se debe crear en los proyectistas la necesidad del uso de BIM para que sus procesos sean más eficientes y agreguen valor a sus clientes a través de productos bien desarrollados y con información completa.

## Referencias

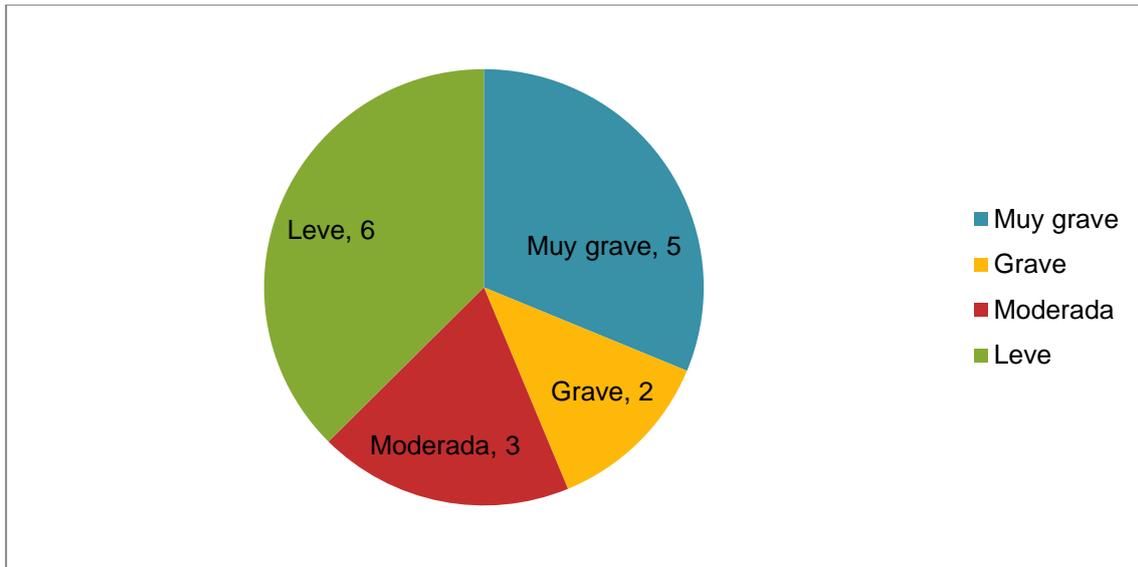
- Alarcón, L. F. & Mardones, D. A. (1998). *Improving the design-construction interface*. Proceedings IGLC. Guaruja, Brasil. Recuperado de <http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/IGLC-6/AlarconAndMardones.pdf>.
- Center for Integrated Facility Engineering. (2007). *CIFE Technical Reports*. Recuperado de <http://cife.stanford.edu/Publications/index.html>
- Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*. Mexico City: McGraw Hill.
- Marcán. (2013a). [Beneficio de implementación BIM en relación al costo de impacto de incompatibilidades con el costo de implementación del proyecto MARA]. Datos no publicados.
- Marcán. (2013b). [Cuadro histórico de incompatibilidades encontradas durante la construcción del proyecto N° 01]. Datos no publicados.
- Marcán. (2013c). [Cuadro histórico de incompatibilidades encontradas durante la construcción del proyecto N° 02]. Datos no publicados.
- Marcán. (2013d). [Cuadro histórico de incompatibilidades encontradas durante la construcción del casco del proyecto MARA]. Datos no publicados.
- Marcán. (2013e). [Cuantificación de las incompatibilidades en las disciplinas de estructuras y arquitectura, para establecer el impacto económico que ocasiona a la construcción del proyecto MARA]. Datos no publicados.
- Marcán. (2013f). [Cuantificación de las incompatibilidades en las disciplinas de sistema contra incendios, sistema eléctrico y sanitario, para establecer el impacto económico que ocasiona a la construcción del proyecto MARA]. Datos no publicados.
- Marcán. (2013g). [Incompatibilidades detectadas en la disciplina del sistema contra incendios, clasificadas de acuerdo al impacto que ocasiona a la construcción del proyecto MARA]. Datos no publicados.

- Marcán. (2013h). [Incompatibilidades detectadas en la disciplina del sistema eléctrico, clasificadas de acuerdo al impacto que ocasiona a la construcción del proyecto MARA]. Datos no publicados.
- Marcán. (2013i). [Incompatibilidades en la disciplina de arquitectura, clasificadas de acuerdo al impacto que ocasiona a la construcción del proyecto MARA]. Datos no publicados.
- Marcán. (2013j). [Incompatibilidades en la disciplina de estructuras, clasificadas de acuerdo al impacto que ocasiona a la construcción del proyecto MARA]. Datos no publicados.
- Marcán. (2013k). [Presupuesto por mejoras en el diseño de estructuras del proyecto MARA]. Datos no publicados.
- Marcán. (2013l). [Ratios de modelado de estructuras, arquitectura e instalaciones MEP del proyecto MARA]. Datos no publicados.
- Picchi, F. A. (1993). *Sistemas de qualidade: uso em empresas de construcao de edificios*. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ingeniería, Universidade de Sao Paulo, Brasil.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357-375.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>

## Anexo

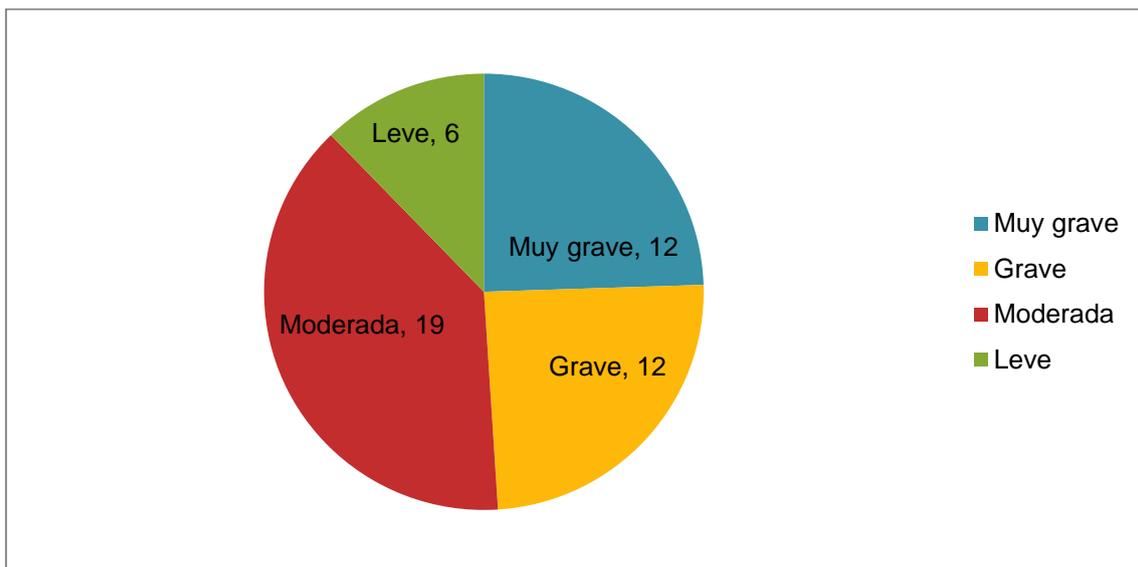
### Incompatibilidades detectadas y cuantificadas

Gráfico 5 Incompatibilidades en la disciplina de arquitectura clasificadas de acuerdo al impacto que ocasiona a la construcción



Fuente: Elaboración propia en base a Marcan, 2013i

Gráfico 6 Incompatibilidades en la disciplina de estructuras, clasificadas de acuerdo al impacto que ocasiona a la construcción



Fuente: Elaboración propia en base a Marcan, 2013j

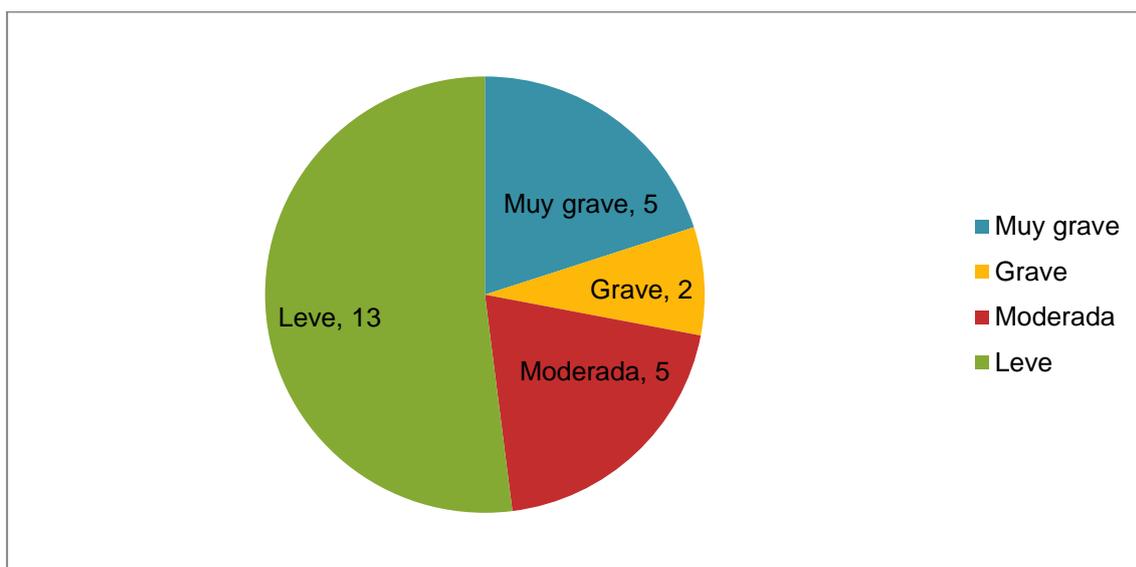
**Tabla 1 Cuantificación de las incompatibilidades en las disciplinas de estructuras y arquitectura, para establecer el impacto económico que ocasiona a la construcción**

ARCHITECTURE		
Gravedad de la incompatibilidad	Cantidad	Total US \$
Muy grave	5	3,000.00
Grave	2	600.00
Moderada	3	480.00
Leve	6	490.00
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>\$ 4,570.00</b>

ESTRUCTURAS		
Gravedad de la incompatibilidad	Cantidad	Total US \$
Muy grave	12	8,750.00
Grave	12	4,710.00
Moderada	19	3,760.00
Leve	6	650.00
<b>TOTAL</b>	<b>49</b>	<b>\$ 17,870.00</b>
<b>TOTAL COST OF INCOMPATIBILITIES</b>		<b>\$ 22,440.00</b>

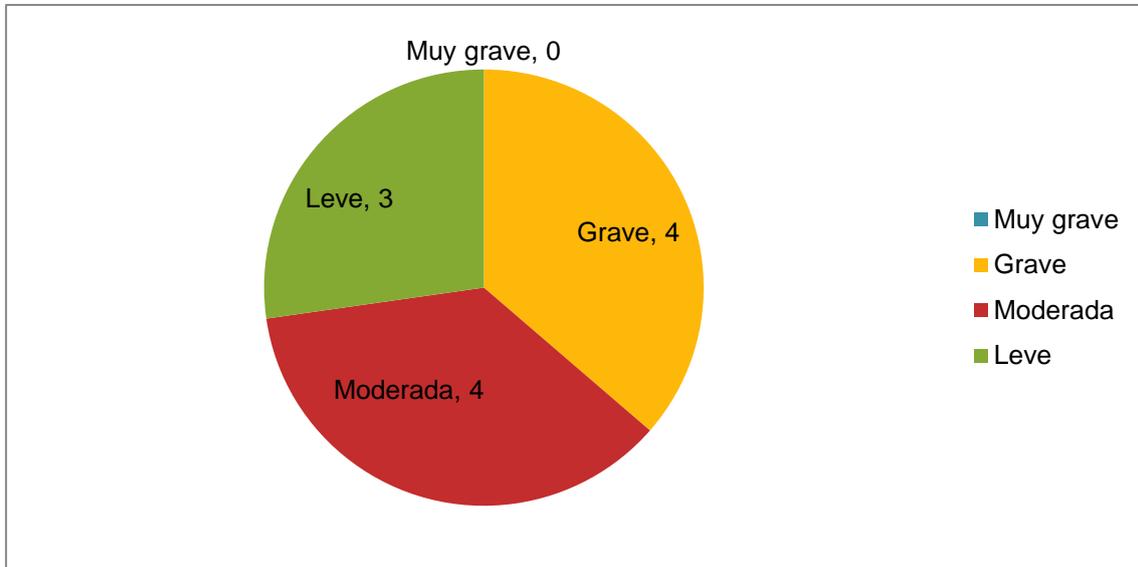
Fuente: Elaboración propia en base a Marcan, 2013e

**Gráfico 7 Incompatibilidades detectadas en la disciplina del sistema contra incendios, clasificadas de acuerdo al impacto que ocasiona a la construcción**



Fuente: Elaboración propia en base a Marcan, 2013g

**Gráfico 8 Incompatibilidades detectadas en la disciplina del sistema eléctrico, clasificadas de acuerdo al impacto que ocasiona a la construcción**



Fuente: Elaboración propia en base a Marcan, 2013h

**Tabla 2 Cuantificación de las incompatibilidades en las disciplinas de sistema contra incendios, sistema eléctrico y sanitario, para establecer el impacto económico que ocasiona a la construcción**

FIRE SYSTEM			
Gravedad de la incompatibilidad	Cantidad	Costo C/U en U.S. \$	Total US \$
Muy grave	5	800	4,000.00
Grave	2	500	1,000.00
Moderada	5	300	1,500.00
Leve	13	200	2,600.00
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>		<b>\$ 9,100.00</b>

ELECTRICAL SYSTEM			
Gravedad de la incompatibilidad	Cantidad	Costo C/U en U.S. \$	Total US \$
Muy grave	0		0
Grave	4	125	500.00
Moderada	4	100	400.00
Leve	3	50	150.00

TOTAL	11		\$ 1,050.00
-------	----	--	-------------

SANITARY SYSTEM			
Gravedad de la incompatibilidad	Cantidad	Costo C/U en U.S. \$	Total US \$
Muy grave	5	200	1,000.00
Grave	9	150	1,350.00
Moderada	25	100	2,500.00
Leve	6	50	300.00
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>		<b>\$ 5,150.00</b>
<b>TOTAL COST OF INCOMPATIBILITIES</b>			<b>\$ 15,300.00</b>

Fuente: Elaboración propia en base a Marcan, 2013f

**Tabla 3 Beneficio de implementación BIM en relación al costo de impacto de incompatibilidades con el costo de implementación**

<b>Cost of modeling BIM MARA</b>	<b>\$ 26,008.20</b>
----------------------------------	---------------------

Recurso humano	HH	\$/unidad	Parcial (\$)
Modelado Arq-Estruct	656	10.00	6560.00
Modelador Revit MEP	210	10.00	2100.00
BIM Manager	356.16	20.00	7123.20
			<b>\$15,783.20</b>

Recurso material	Unidad	\$/unidad	Parcial (\$)
Software (suscripción anual)	4	6,500.00	26,000.00
Ordenadores	4	1,500.00	6,000.00
Monitores	8	400.00	3,200.00
Proyectores	2	1,500.00	3,000.00
Ecrans	2	600.00	1,200.00
Mobiliario	1	1,500.00	1,500.00
			<b>\$ 40,900.00</b>

**Recurso material asignado a MARA (25% total)**

**\$ 10,225.00**

**Total cost of incompatibilities MEP**

**\$ 15,300.00**

**Total cost of incompatibilities structural-architectural**

**\$ 22,440.00**

**Cost of incompatibilities solved****\$ 37,740.00****Cost of modeling BIM MARA****\$ 26,008.20****Benefit of implementation****\$ 11,731.80**

Fuente: Elaboración propia en base a Marcan, 2013a

**Tabla 4 Ratios de modelado de estructuras, arquitectura e instalaciones MEP**

MARA (At) = 11,316.91m <sup>2</sup>	HH / MONTH											Total Hrs	Ratio
	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	hh	hh/m <sup>2</sup>
<b>Modeling structure - architecture</b>													
Leonardo M.				80	160	160	64	64	64	64		656	0.0581
<b>Modeling fire-electrica-sanitary system</b>													
Felix D.											105	210	0.0467
Raúl E.											105		
<b>Total hours modeling</b>												<b>866</b>	

Fuente: Elaboración propia en base a Marcan, 2013l

## Ahorro por mejora en la constructabilidad en la etapa de diseño

**Problemática:** La cimentación de la torre B del edificio se diseñó con sub zapatas escalonadas debido que la construcción del muro del sótano altera el suelo. En el modelo se pudo visualizar que los volúmenes de excavación relleno, concreto y encofrado de sub zapatas eran importantes y demandaban mayor tiempo de ejecución al margen de la seguridad, por el riesgo de derrumbes debido a la altura de la excavación

**Solución:** Se hizo un análisis de costo beneficio y se comprobó numéricamente que era conveniente que este muro lateral sea anclado para que la cimentación sea a nivel de suelo, para ello se coordinó con el especialista de estructuras para que modifique el diseño del muro para que soporte las cargas laterales.

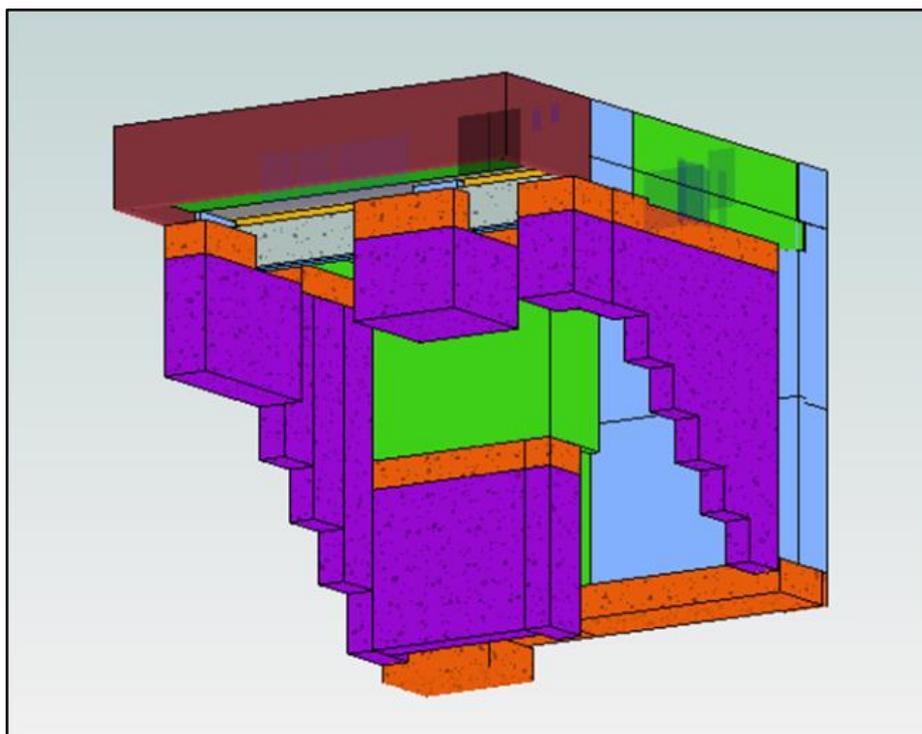
**Tabla 5 Presupuesto por mejoras en el diseño de estructuras**

Descripción	Metrado	P.U.	Parcial	
<b>Propuesta del diseño de estructuras</b>				
Excavación manual	240.91	28.80	6,938.17	
Relleno con material propio	192.73	68.12	13,128.55	
Compactado manual	96.36	6.87	662.02	

Sub zapatas concreto $f'c=100\text{kg/cm}^2$	56.81	141.58	8,043.17	
Sub zapatas encofrado y desencofrado	103.06	41.99	4,327.32	
<b>Mejora en el diseño</b>				<b>S/. 33,099.23</b>
Anclaje de muros	24.62	210.00	5170.84	
Diferencia de costo de concreto de muro anclado	16.38	63.86	1045.87	
350 $\text{kg/cm}^2$ -210 $\text{kg/cm}^2$				<b>S/. 6,216.71</b>
<b>Beneficio por la mejora en el diseño de estructuras</b>				<b>S/. 26,882.52</b>
			<b>U.S. \$</b>	<b>9,600.71</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de Marcan, 2013k

A través del modelo se pudo observar que los volúmenes de concreto de calzaduras escalonadas eran excesivos y resultaba beneficioso cambiar todo el sistema a muros anclados cambiando el tipo de concreto y el costo de los anclajes.



## Reducción de RFIs con la implementación BIM

Gráfico 9 RFIs disciplina arquitectura (98)

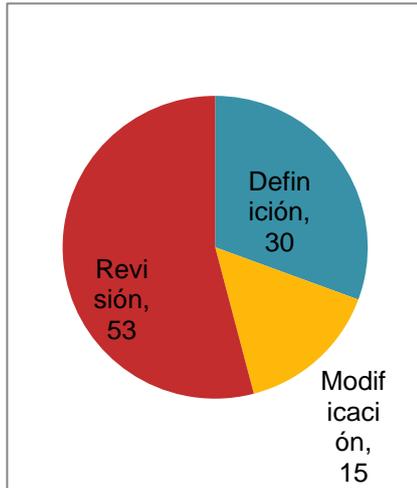


Gráfico 10 RFIs disciplina estructuras (40)

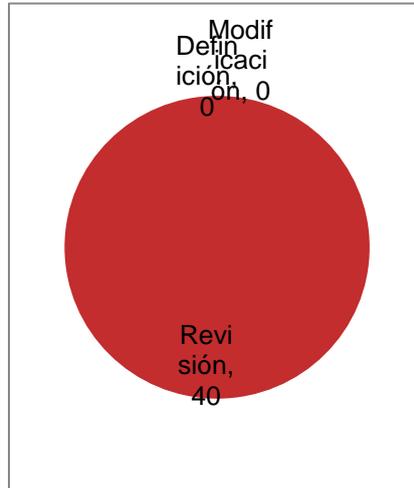
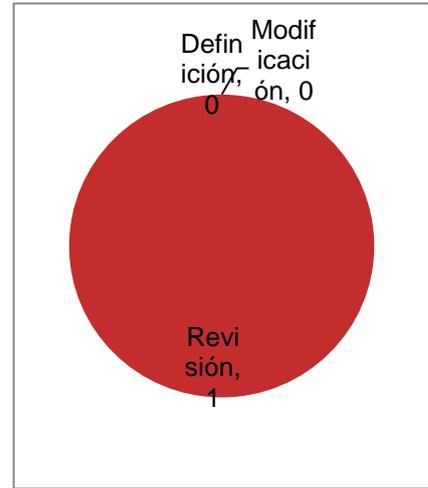
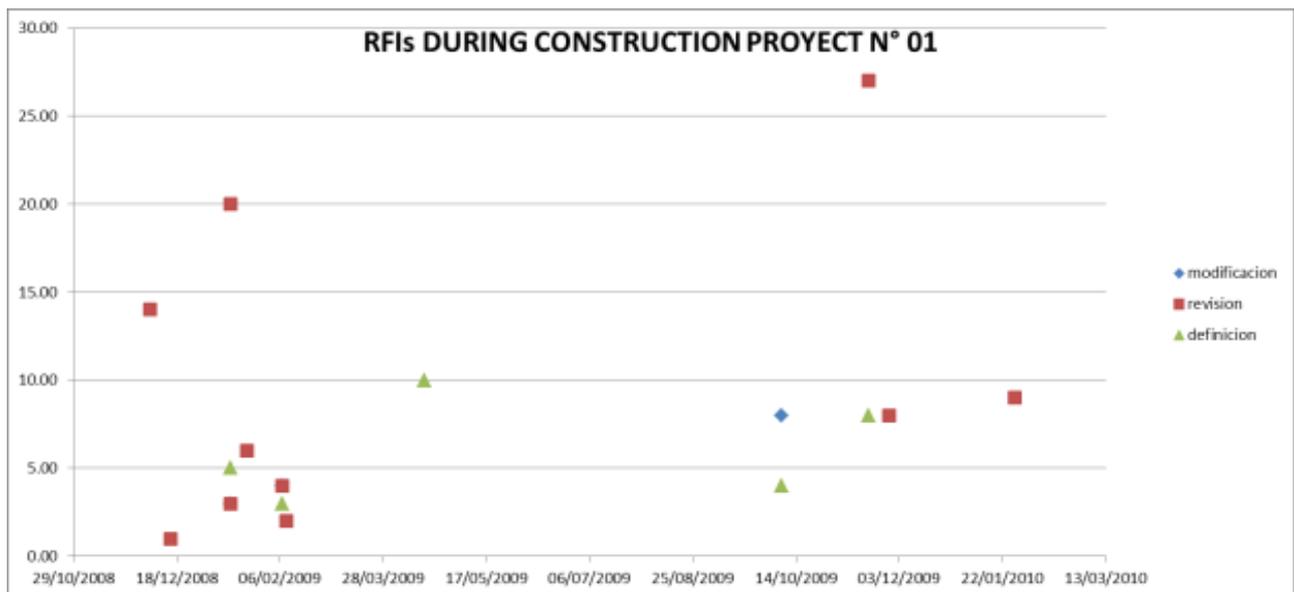


Gráfico 11 RFI instalaciones (01)

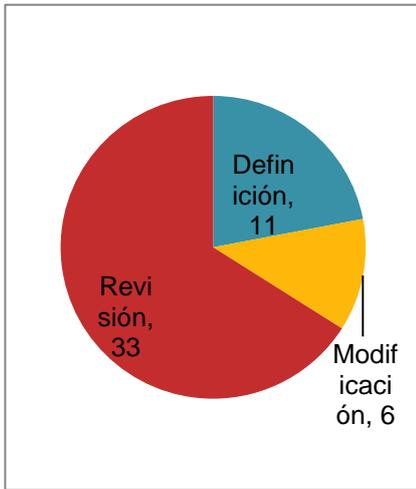


Fuente: Elaboración propia en base a Marcan, 2013b

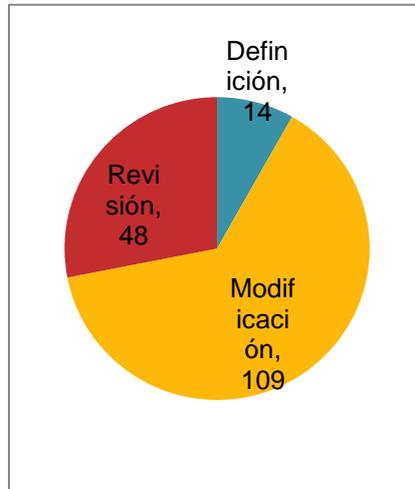


Fuente: Elaboración propia en base a Marcan, 2013b

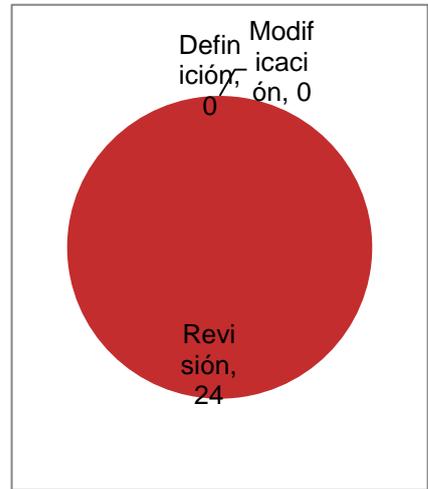
**Gráfico 12 RFIs disciplina arquitectura (98)**



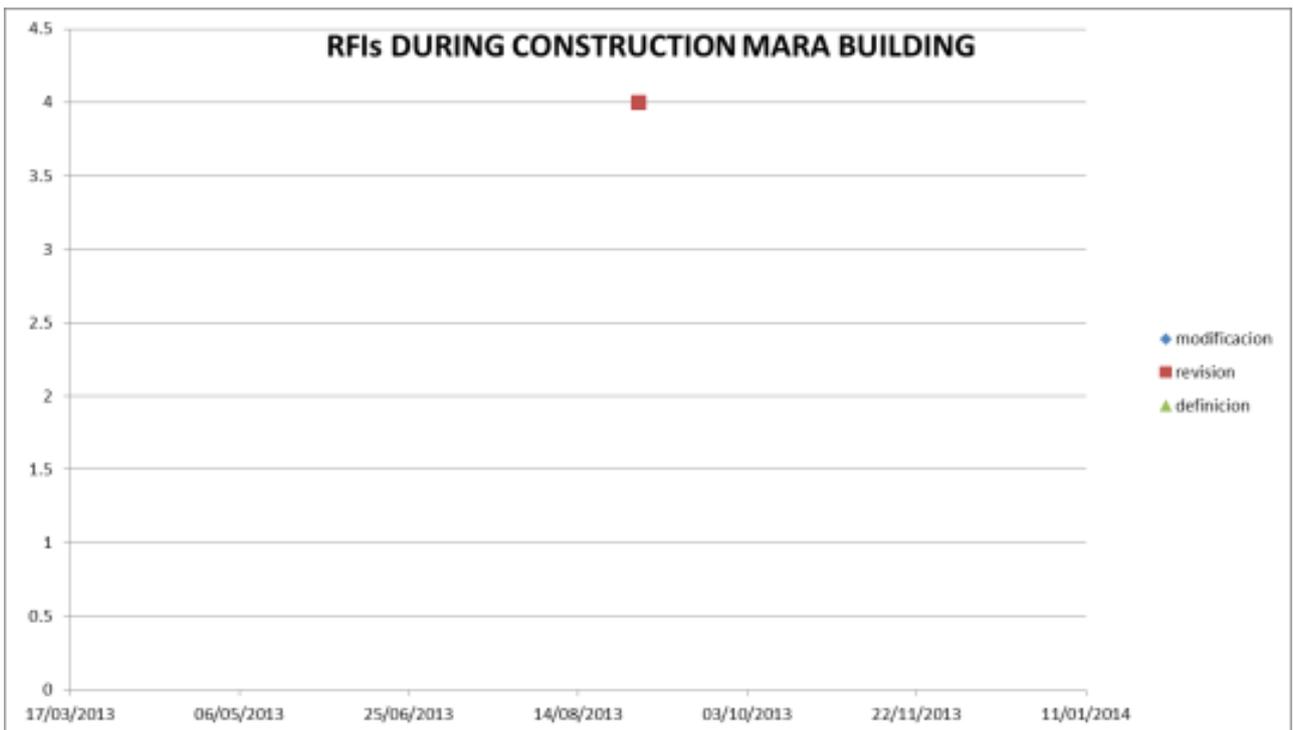
**Gráfico 13 RFIs disciplina estructuras (40)**



**Gráfico 14 RFI instalaciones (01)**



Fuente: Elaboración propia en base a Marcan, 2013c



Fuente: Elaboración propia en base a Marcan, 2013d