



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

**“Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).”**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Juan Salim Caballero Barboza

Asesor:

Mg.Sc. Ing. Edwin J. Aquisue Dueñas

Lima - Perú

2020

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

## DEDICATORIA

A mi esposa Giuliana Corimanya por todo el amor, la incondicionalidad, paciencia, comprensión y apoyo brindado para lograr la culminación de este largo proceso de titulación.

A mis hijos Ximena Caballero y Fabián Caballero, por ser motor, motivo, darme las fuerzas de ser un mejor persona y profesional.

A mi madre Gloria Barboza, a mi padre Juan Caballero, quienes me han apoyado desde el inicio de la carrera, por todo lo que me han enseñado a largo de mi vida.

A mis abuelos Gerardo Barboza y Gloria Atarama, que siempre lo recuerdo y lo llevo en mi corazón.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

## AGRADECIMIENTO

Primero, quiero agradecer a Dios, el divino hacedor por darme la sabiduría, paciencia para culminar este proyecto en mi vida y la fortaleza de continuar a pesar de las circunstancias que eran adversas y se tornó más difícil llegar a la meta final.

Mis sinceros agradecimientos, para los profesores a la Ing. Fanny Valdivieso, al Ing. Edwin J. Aquise Dueñas y a la empresa CABACOR Ingeniería y Arquitectura S.A.C., que me guiaron, facilitando la información y me dieron el soporte técnico para poder culminar el presente trabajo de Investigación.

Para concluir, no puedo dejar de nombrar a mi familia, a mi esposa y hermosos hijos, por brindar e incentivar en mi persona el continuo interés en la investigación de mejorar los procesos constructivos, aplicando la metodología BIM, para contribuir en la mejora de los estándares de Calidad y Producción en proyectos de edificación.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>89</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. 1.** Ilustra y compara los diferentes procesos o fases de un proyecto.
- Fig. II.** CGR Reporte de obras paralizadas, marzo 2019.
- Fig. III.** Modelo de producción Tradicional
- Fig. IV.** Modelo de producción Lean o TFV.
- Fig. V.** Recopilación de autores que definen y dan alcance de lo que es una gerencia o Dirección de Proyectos.
- Fig. VI.** Proceso de desarrollo de un Proyecto BIM
- Figura VII.** Diagrama de Flujos de Procesos de la Metodología VDC
- Figura VIII.** Que herramienta de gestión tiene mayor impacto en la productividad
- Figura IX.** Especificación de LOD.
- Figura X.** Resumen de acciones Plan BIM Perú
- Figura XI.** Información técnica del Proyecto Mall Plaza Bellavista
- Figura XII.** Vista Isométrica del Modelo del Proyecto Mall Plaza Bellavista
- Figura XIII.** Render de Proyecto Mall Plaza Bellavista
- Figura XIV.** Modelo BIM del Proyecto MPB
- Figura XV.** Recortes de Periódicos del Proyecto Mall Plaza Comas
- Figura XVI.** Flujo de Trabajo BIM del Proyecto.
- Figura XVII.** Reunión con los diferentes proyectistas involucrados.
- Figura XVIII.** Cronograma de Reuniones entre Equipo BIM y Equipo de Obra del Proyecto
- Figura XIX.** Cronograma Master. Fuente: Propia
- Figura XX.** Log de Planos Recibidos.
- Figura XXI.** Estándares de Modelado.
- Figura XXII.** Criterios de Modelado.
- Figura XXIII.** Modelos 3D de Especialidades del Proyecto MPB.
- Figura XXIV.** Reporte de Observaciones del Modelado BIM del Proyecto MPB.
- Figura XXV.** Análisis de Interferencias y Comparativa de Interferencias del Proyecto MPB.
- Figura XXVI.** Vista del Navisworks basado en el Proyecto MPB.
- Figura XXVII.** Informe de Clash Report de Naviswork del Proyecto MPB.
- Figura XXVIII.** Control de Observaciones para el Modelado del Proyecto MPB.
- Figura XXIX.** Estados de Respuestas de RFI para el modelado del Proyecto MPB.
- Figura XXX.** Plantilla del Proyecto MPB.
- Figura XXXI.** Filtros de sistemas por especialidades del Proyecto MPB.
- Figura XXXII.** Obtención de Metrado de Acero del Proyecto MPB.
- Figura XXXIII.** Entorno de Trabajo de Naviswork del Proyecto MPB.

- Figura XXXIV.** Visualización en el programa Navisworks del Proyecto MPB.
- Figura XXXV.** Reunión con los diferentes proyectistas involucrados.
- Figura XXXVI.** Evaluación de Desempeño de Proyectista.
- Figura XXXVII.** Layout 3D Modelo BIM del Proyecto MPB.
- Figura XXXVIII.** Entorno de trabajo Revit Proyecto MPB.
- Figura XXXIX.** Sectorización plasmada en el modelo.
- Figura XL.** Control de Avance para el asentado de Muros del Proyecto MPB.
- Figura XLI.** Fotos Renders Obtenidas del Modelo BIM del Proyecto MPB.
- Figura XLII.** Desarrollo de Realidad Virtual del Proyecto MPB.
- Figura XLIII.** Vistas de Trabajo en la Clasificación de Vistas.
- Figura XLIV.** Pasos para obtener metrados del Proyecto.
- Figura XLV.** Seleccionamos Schedule del Proyecto.
- Figura XLVI.** Escogemos la categoría.
- Figura XLVII.** Seleccionamos los campos que deseamos medir.
- Figura XLVIII.** Adecuación de filtros.
- Figura XLIX.** Escogemos la agrupación del medrado.
- Figura L.** Escogemos el formato del medrado.
- Figura LI.** Escogemos la apariencia del medrado.
- Figura LII.** Obtenemos el medrado del Proyecto.
- Figura LIII.** Pasos para obtener metrados de Material Takeoff.
- Figura LIV.** Seleccionamos la categoría a medir.
- Figura LV.** Seleccionamos los campos para medir.
- Figura LVI.** Obtenemos el medrado por material.
- Figura LVII.** Insertamos las tablas en las láminas.
- Figura LVIII.** Análisis de Interferencia en Clash Detection.
- Figura LIX.** Asignación de Tolerancia de 0.001m para la detección de Interferencias.
- Figura LX.** Seguimiento de identificación de interferencias en el proceso de acompañamiento.
- Figura LXI.** Estadísticas del Seguimiento de identificación de interferencias en el proceso de acompañamiento.
- Figura LXII.** Cuadro de acompañamiento de identificación de interferencias en el proceso de construcción del Proyecto MPC.
- Figura LXIII.** Análisis estadístico de crecimiento de la curva con respecto al tiempo y las interferencias encontradas en el proceso de acompañamiento en obra del Proyecto MPC.
- Figura LXIV.** Cuadro de acompañamiento de identificación de interferencias en el proceso de construcción del Proyecto MPB.
- Figura LXV.** Análisis estadístico de crecimiento de la curva con respecto al tiempo y las interferencias encontradas en el proceso de acompañamiento en obra del Proyecto MPB.
- Figura LXVI.** Comparación del análisis estadístico de crecimiento de la curva con respecto al

tiempo y las interferencias encontradas en el proceso de acompañamiento.

- Figura LXXVII.** Clasificación de Observaciones del Proyecto MPB.
- Figura LXXVIII.** Clasificación de Observaciones por Impacto sobre el Proyecto MPB.
- Figura LXXIX.** Clasificación de Observaciones por Tipo de Observación.
- Figura LXX.** Definición de Clasificaciones del Reporte de Observaciones.
- Figura LXXI.** Reporte de Observaciones.
- Figura LXXII.** Resultados de la Sesión Nro01. Reporte de Observaciones.
- Figura LXXIII.** Resultados de la Sesión Nro02. Reporte de Observaciones.
- Figura LXXIV.** Resultados de la Sesión Nro03. Reporte de Observaciones.
- Figura LXXV.** Resultados de la Sesión Nro04. Reporte de Observaciones.
- Figura LXXVI.** Resultados de la Sesión Nro05. Reporte de Observaciones.
- Figura LXXVII.** Datos para el análisis de la curva de liberación
- Figura LXXVIII.** Análisis de la curva de liberación, con respecto a la clasificación del Reporte de Observaciones.
- Figura LXXIX.** Rendimiento de Liberación de Observaciones.
- Figura LXXX.** Evaluación de Desempeño de Proyectistas.
- Figura LXXXI.** Anexo de columnas de observaciones Persistentes.
- Figura LXXXII.** Análisis de Persistencia al Levantamiento de Observaciones.

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Estimado de desperdicios en obras de edificaciones.	12
<b>Tabla 2</b>	Defectos de diseño.	13
<b>Tabla 3</b>	Desperdicios en la producción.	20
<b>Tabla 4</b>	Parámetros de la Fase Constructiva dentro de un modelo BIM.	59
<b>Tabla 5</b>	Elementos por Nivel de Detalle.	60
<b>Tabla 6</b>	Tabla de comparación entre la metodología BIM y Metodología VDC.	86

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente resumen ejecutivo, objeto de aplicación de la metodología BIM contiene conceptos específicos y normas vigente sobre la implementación de la metodología BIM en un proyecto de edificación y su prospecto de evolución de la normativa hacia el Plan BIM Perú 2030, enfocándose desde la etapa de la Estandarización, Conceptual, Diseño, Modelamiento, Coordinación dentro de esta tenemos la Detección de Interferencias, Incongruencias e Incompatibilidades entre planos y Compatibilización de Especialidades, Trabajo Colaborativo entre los involucrados y Sesiones o Reuniones ICE, hasta llegar a la Gestión de la Información del Proyecto que será analizado bajo esta metodología. Además, muestra los principales lineamientos y la potencia de la gestión virtual de la construcción enfocado principalmente en los beneficios que brinda un modelo virtual para la ejecución y supervisión de Obras Públicas y Privadas, haciendo mención de otra metodología de trabajo, la potencia de la interoperabilidad entre las metodología BIM / VDC & FM, que llega hasta la fase de Operación y Mantenimiento (Virtual Design Construction – VDC), enfocado principalmente en los beneficios que brinda un modelo virtual, que sirven de apoyo para distintas fases de un proyecto, como la fase de diseño, como la planificación, desde la obtención de metrados, logística, compatibilización, así como análisis de procesos constructivos, programación en obra, planificación, planes de seguridad y toma de decisiones anticipadas involucrando a los proyectistas, al cliente y al constructor hasta la fase de Operación y Mantenimiento. Asimismo, para el desarrollo del trabajo de suficiencia profesional se pretende implementar la metodología BIM / VDC en la empresa CABACOR Ingeniería y Arquitectura SAC, y en un proyecto de Edificación, del rubro comercial, evaluando la interoperabilidad de los indicadores de beneficios que brinda esta metodología, llevando a la práctica, lo propuesto en este documento. La aplicación del estudio en mención nos permitirá obtener datos y aportes significativos y concretos, con la finalidad de poder aplicarlos en otros proyectos de edificación obteniendo estándares, cronogramas, planificación hasta el control del costo del Proyecto más confiables, reales y aterrizados respectivamente. Logrando agilizar las tomas de decisiones con la finalidad de mejorar el diseño y así facilitar el

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

proceso de construcción trabajando de una manera colaborativa, con un solo propósito, el de optimizar recursos, mejorar el proceso de ejecución del Proyecto y haciendo edificaciones más eficientes y sustentables para el sector público y privado.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

En la actualidad, los proyectos de construcción en Perú, afrontan diferentes problemas, obstáculos y retos propios que se originan desde la fase de ante proyecto. Estos proyectos afrontan plazos de ejecuciones un tanto irreales, así como cronogramas y presupuestos que provienen de metrados inexactos e irreales, desde la misma fase de Licitación, sin contar que cada proyecto presentan incompatibilidades e interferencias entre las especialidades que conforman los mismos, no detectándose oportunamente, debido a que, en la fase de diseño solo se usan planos de AutoCAD en 2D; y resulta imposible detectar estas interferencias e incompatibilidades en esta herramienta, las mismas que saldrán a relucir recién en la fase de ejecución, generando en algunos casos un tiempo adicional al plazo de ejecución y en otros, adicionales de obra que afectan directamente al costo de la obra.

Además, otro problema que afrontan los proyectos son la complejidad, con las que fueron diseñados, esto se debe tener en cuenta, en todo momento, ya que todo proyecto por mas similar que sea, nunca son iguales desde la concepción del diseño. Las diferencias mínimas desde la concepción del diseño, pueden perjudicar en el tiempo de ejecución y costos si no tenemos las herramientas adecuadas para afrontar estos restos.

Asimismo, estas incompatibilidades, incongruencias e interferencias entre especialidades propias del Proyecto, generen pérdidas originando que los proyectos tengan un sobre costo muy alto, se soliciten adicionales y se aprueben ampliaciones de plazo de ejecución. Cabe indicar, que estos sobrecostos, adicionales, ampliaciones de plazos que se originan en todos proyecto no desarrollados o implementados con la metodología BIM, lleguen a la fase de construcción con un sobre costo impresionante debido a un inadecuado seguimiento durante todas las etapas de diseño hasta la etapa de construcción, produciendo que el tiempo de ejecución de la obra se alargue y los costos se incrementen. Esto se comprueba con estudios realizados en otros países como Brasil (Pichi, 1993) y Chile (Alarcón y Mardones. 1998), acerca de las causas de los desperdicios en obras de edificaciones y los defectos del diseño respectivamente.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

**Tabla 1.** Estimación de desperdicios en obras de edificación

<b>ESTIMADO DE DESPERDICIO EN OBRAS DE EDIFICACIONES</b>		
(% del Costo total de la Obra)		
ITEM	DESCRIPCION	%
Restos del material	Restos de mortero	5.0%
	Restos de ladrillo	
	Restos de madera	
	Limpieza	
	Retirada de material	
Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos	5.0%
	Tarrajeo de paredes internas	
	Tarrajeo de paredes externas	
	Contra pisos	
Dosificaciones no optimizadas	Concreto	2.0%
	Mortero de Tarrajeo de Techos	
	Mortero de Tarrajeo de paredes	
	Mortero de contra pisos	
	Mortero de revestimientos	
Reparaciones y re trabajos no computados con el	Repintado	2.0%
	Retoques	
	Corrección de otros servicios	
Proyectos no optimizados	Arquitectura	6.0%
	Estructuras	
	Instalaciones Sanitarias	
	Instalaciones eléctricas	
Pérdidas de productividad debidas a problemas de calidad	Parada de operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores	3.5%
Costos debido a atrasos	Pérdidas financieras por atrasos de la obras y costos adicionales de administración, equipos y multas	1.5%
Costos en obras entregadas	Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de obra	5.0%
<b>TOTAL</b>		<b>30.0%</b>

Fuente: Estimación de desperdicios en obras de edificación, Sao Paulo – Brasil. Pichi (1993)

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

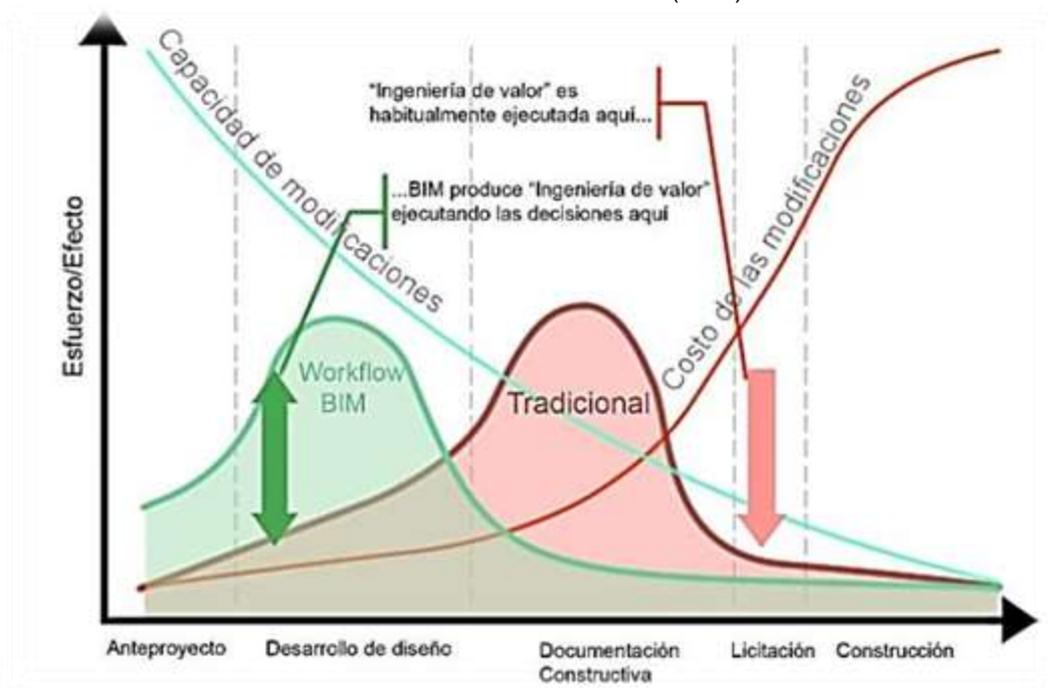
**Tabla 2.** Defectos de Diseño en proyectos de Obra Civil

N°	DEFECTOS DE DISEÑO	%
1	Escaso detalle de los elementos estructurales	13.97 %
2	Falta de planos detalles de arquitectura	12.78%
3	Incompatibilidad entre las diferentes especialidades	11.59%
4	Cruce de información incorrecto con estructuras	8.17%
5	Falta de definición de elementos de arquitectura	6.54%
6	Modificaciones en los planos de estructuras	6.39%
7	Falta de dimensiones de arquitectura	6.24%
8	Falta de identificación y ubicación de elementos de arquitectura	5.65%
9	Materiales de acabados que requieren muestras	4.75%
10	Problemas con los ejes	4.46%
11	Defectos de diseño en el desagüe	4.16%
12	Cruce de información incorrecto con arquitectura	3.12%
13	Cambios de diseño de propietario	3.12%
14	Defectos de diseño eléctrico	2.97%
15	Se entregan tarde los planos de arquitectura	1.93%
16	Defectos en los diseños A.C	1.49%
17	Problemas con los equipos eléctricos	0.89%
18	Estructura de los equipos	0.59%
19	Problemas con los materiales en el mercado	0.45%
20	Convención de símbolos	0.45%
21	Defecto en los diseños de gas	0.30%
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>

*Fuente: Clasificación de defectos, Santiago de Chile (Alarcón y Mardones, 1998)*

Teniendo en cuenta que según la curva de influencia e impacto de Macleany, indica que para obtener una mejora ingeniería de valor al proyecto de construcción se debe generar y ejecutar la toma de decisiones en la etapa de diseño, dejando de lado la manera tradicional de ver los proyectos, que recién la toma de decisiones o ingeniería de valor se quiere desarrollar en la etapa de construcción.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).



**Figura I.** Patrick MacLeany, Ilustra y compara entre los diferentes Procesos o fases de un proyecto, Presidente de Building SMART y “Padre” de IFC.

## REALIDAD PROBLEMÁTICA EN EL PERÚ

En Perú, actualmente las causas de paralización en obras del sector público, provienen por problemas que se encuentra en las deficiencias técnicas que vienen desde la fase de diseño esto producto por falta de información, errores de diseño, además de incumplimientos contractuales abarcando un aproximado del 39% de un total de 340 obras, seguido por procesos de Adicionales por incongruencias de planos o adicionales en obra que se convierten en futuros Procesos de Arbitrajes en contra del estado Peruano llegando a tener el 28% de un total de 242 obras, según la Información proporcionada por la Contraloría General de la Republica, y estos sin contar el factor de la corrupción que hasta la fecha el Perú viene perdiendo más de S/ 921,000,000.00 millones de Soles, según el Informe del cálculo del tamaño de la corrupción y la conducta funcional del Perú (pág. 35), por pagos de Arbitrajes, Coimas, Ampliaciones de Plazo y Adicionales, entre otros siendo las más incidentes los Adicionales por incongruencias de planos, Ampliaciones de Plazo por cronogramas irreales y poco confiables y Coimas por sobre costo de metrados y adendas.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

A base de lo mencionado líneas arriba tenemos que enfrentar esta principal Problemática del Perú, por tal motivo se viene desarrollando Leyes y Normas que exigen la aplicación del Modelamiento Digital de la Información para la ejecución de Obras Públicas, tal como se hace mención en el Dec. Leg N° 1444, Artículo N°03.- Incorporación de diversas disposiciones en la Ley N° 30225, Ley de Contrataciones del Estado, donde se exige el uso de Modelos Digitales BIM para la ejecución de obras Públicas. Seguido del Decreto de Urgencia Nro. 021-2020, en el Artículo Nro 5, hace mención que cada proyecto especial de inversión pública deberá utilizar la metodología colaborativa de modelamiento digital de información para la construcción (BIM), así como otros instrumentos. Haciendo mención de otras metodología de Trabajo, entre ellas, la potencia de la gestión virtual de la construcción (Virtual Design Construction – VDC), enfocado principalmente en los beneficios que brinda un modelo virtual, que sirven de apoyo para distintas fases de un proyecto, como la fase de diseño, como la planificación, desde la obtención de metrados, logística, compatibilización, así como análisis de procesos constructivos, planes de seguridad y toma de decisiones anticipadas involucrando a los proyectistas, al cliente y al constructor.

CAUSAS DE PARALIZACIÓN	N°	%
Deficiencias técnicas/incumplimiento contractual	340	39%
En Arbitraje (1)	242	28%
Limitaciones presupuestales	126	15%
Disponibilidad del terreno	27	3%
Cambio de Profesionales	18	2%
Cierre de proyecto	3	0%
Factores climatológicos	2	0%
Intervenida por Fiscalía	2	0%
Otros	2	0%
Obra judicializada por la Municipalidad	1	0%
Vigencia de Convenio	1	0%
Sub total	764	88%
Información limitada	103	12%
<b>TOTAL</b>	<b>867</b>	<b>100%</b>

**Figura II.** CGR “Reporte de obras paralizadas, marzo 2019. Fuente: CGR

## **REALIDAD PROBLEMÁTICA EN LA EMPRESA CABACOR INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

CABACOR Ingeniería y Arquitectura, es una empresa peruana, con profesionales altamente calificados dedicados al desarrollo de proyectos de Arquitectura e Ingeniería, que brinda los servicios de Gerencia de Proyectos, Diseño de Especialidades, Supervisión de Obra. Actualmente, la empresa quiere ofrecer el servicio de Implementación BIM / VDC a futuros clientes y hacer una cartera de servicios basados en esta metodología de trabajo, en ese sentido la empresa necesita implementar la metodología BIM/VDC teniendo como punto de arranque la generación de Estándares que permitan a la empresa tener los lineamientos para poder empezar con la implementación, teniendo en cuenta que la empresa ya ganó un proyecto BIM para un cliente potencial en la cual se ha ofrecido y vendido que aplicando la interoperabilidad de la metodología BIM / VDC, se va a generar ingeniería de valor optimizando plazo y costo al proyecto.

### **1.2. Formulación del problema**

En qué medida la interoperabilidad de la Metodología BIM y el VDC (Virtual Design Construction), logran optimizar la incertidumbre de un proyecto de edificación, en una empresa donde se va implementar la metodología VDC y BIM (Building Information Modeling).

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Demostrar que la implementación de la Metodología BIM / VDC puede reducir y optimizar la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Los objetivos específicos que quiero lograr en esta investigación, son los siguientes:

- Establecer los estándares o manuales de procedimientos para la correcta implementación de la Metodología BIM / VDC en la empresa CABACOR Ingeniería y Arquitectura S.A.C.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

- Comparar entre el modelo tradicional y el modelo aplicando la metodología BIM, de acuerdo a la curva de Patrick MacLeamy, basado en el análisis de interferencias del Proyecto Mall Plaza Bellavista y otro Mall.
- Relacionar mediante la campana de Gauss la relación entre el tiempo y el levantamiento de observación con respecto al proyecto Tipo Retail: Mall Plaza Bellavista.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La implementación de la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC), optimizará la incertidumbre de un proyecto de edificación.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

Al implementar la metodología BIM – VDC, utilizando las herramientas digitales para el modelado 3D, Revit - Naviswork, se puede reducir la incertidumbre de un proyecto, en la etapa de diseño siguiendo los lineamientos establecidos en el Estándar, antes de la fase de ejecución, disminuyendo los costos de obra, mediante la detección oportuna de interferencias, optimizando los metrados y evitando la falta de información por temas de errores de diseño e incompatibilidades y validar la curva de Patrick MacLeamy.

## **1.5. Limitación**

La principal limitación que se tuvo con referente al presente trabajo de suficiencia profesional fue convencer a la empresa en la cual venía trabajando introducir esta metodología de trabajo colaborativo y abrir una nueva área de servicios en la empresa, debido a que esto conllevaba a generar nuevos estándares, instructivos, invertir en tecnología como repotenciar o adquirir nuevas computadoras, adquisiciones software y generar ingeniería de valor para competir con las empresas que tiene mayor trayectoria en el rubro, aplicando la metodología BIM.

## **1.6. Aporte Académico**

La principal limitación de la empresa CABACOR Ingeniería y Arquitectura SAC y en mi opinión creo que todas las empresas que recién están induciéndose a esta metodología de trabajo colaborativo, y no cuentan con los estándares de desarrollo, ni

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

instructivos guías para el modelado BIM y teniendo en cuenta que estos estándares tienen que ser definidos para una correcta implementación de la metodología BIM, involucrando desde el nivel de detalle o LOD, pasando por el nivel de desarrollo que contendrá el modelo. Por ende, este trabajo de suficiencia profesional aportara los lineamientos básicos para desarrollar un estándar de desarrollo de como modelar correctamente las especialidades de Arquitectura, Estructuras y MEP, generando un instructivo de desarrollo de modelos BIM y flujo de trabajo colaborativo a fin de obtener métricas basada en tiempo vs RDI o levantamientos de observaciones.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. BASES TEÓRICAS**

#### **2.1.1. LEAN CONSTRUCTION**

La historia del termino Lean se fundamenta en Japón, a fines de la década de los 50 e inicios de los 60, como producto de las investigaciones realizadas por ingenieros de la empresa ensambladora de automóviles Toyota Motor, que pretendía mejorar su línea de producción.

Posteriores investigadores como el ingeniero Taichi Ohno, encargado de la producción, quien buscaba eliminar los residuos y mejorar los tiempos de entrega de los automóviles.

En 1992, Lauri Koskela, empezó a implementar esta filosofía en el sector de la construcción; resultado de este trabajo, “Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción”, producido en el grupo e investigación CIFE de la Universidad de Stanford, en el cual sostuvo que la producción debía ser mejorada mediante la eliminación de los flujos de materiales y que las actividades de conversión mejorarían la eficiencia, esta definición dada producto de la Investigación del CIFE de la Universidad de Stanford, se empieza a pensar en la reducción de los desperdicios y flujos de materiales, dando una pequeña visión a lo que vendría hacer actualmente la metodología BIM.

Otro investigador que debemos resaltar es Glenn Ballard, que apporto herramientas para la adaptación de la producción “Lean” al sector de la industria de la construcción, fue entonces que Ballard y Koskela trabajaron juntos en la Universidad Berkeley y ambos formaron el Grupo Internacional de Lean Construction, aplicando al sistema de gestión de proyecto de construcción en 1993.

Según Hernan Porras (2014), define a la filosofía de Lean Construction o Construcción sin Perdidas, que se orienta hacia la administración de la producción en la construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que si lo hacen.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

En los últimos años, la metodología Lean Construction, empieza adoptar nuevas metodología de trabajo generando así LEAN BIM, en la cual ambas buscan crear valor al proyecto mediante la optimización de flujos y la gestión de la información.

En opinión personal, hacer Lean sin BIM y BIM sin Lean, es como vender un Porch con un motor de Tico. No estamos creando valor al Proyecto.

En Latinoamérica, en los países que muestran un mayor avance en el uso, estudio e investigación sobre el Lean Construction, son: Brasil, Chile, Perú y Colombia, 40%, 35% y 25%, respectivamente. En Perú, es importante recalcar que solo, el sector privado ha desarrollado mayor interés en esta metodología, por lo contrario el sector público, no invierte y no apuesta por este cambio de idea, ya que siendo un sector muy sensible, debería de adaptar esta metodología, e implementar para poder minimizar los desperdicios y optimizar sus procesos logrando hacer proyectos más eficientes, reduciendo el gasto público y haciendo proyectos más transparentes.

De acuerdo, a lo mencionado, se entiende por residuos a todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva. Lean Construcción, enfoca los residuos de la construcción en siete categorías.

**Tabla 3.** Desperdicios en la producción tomada de *Analysis of Lean construction practices at Abu Dbabi construction industry*

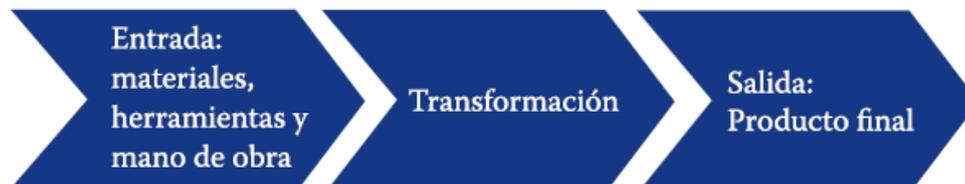
<b>Desperdicios en la Construcción</b>
<b>Defectos</b>
<b>Demoras</b>
<b>Exceso de procesado</b>
<b>Exceso de Producción</b>
<b>Inventarios excesivos</b>
<b>Transporte innecesario</b>
<b>Movimiento no útil de personas</b>

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Es importante, indicar que las categorías, en la gestión tradicional no se tienen en cuenta porque el concepto de producción actual es erróneo al considerarla como un proceso de solo transformación en donde entran los materiales y se obtienen unidades productivas, olvidando optimizar los flujos que esos materiales tiene que seguir para lograr obtener el producto.

Dr. Flavio Picchi en 1993, plantea que una obra de edificación normal el porcentaje de pérdidas por torre ejecutada es del 30%, **Tabla 1**, evidencia el estimado de desperdicio en obra mediante el modelo de la transformación.

El objetivo del Lean Construction, es optimizar las transformaciones minimizando o eliminando los flujos que los materiales deben seguir hacia los lugares de ejecución de los trabajos de obra para obtener más valor en los productos finales. Pero, existe un error del pensamiento tradicional en la construcción, es centrarse en las actividades de conversión y no tener en cuenta el flujo de los recursos para lograr la generación de más valor en los productos obtenido.



**Figura III.** Modelo de producción tradicional.

Tomado de Lean Construction en el Perú, Pablo Orihuela.



**Figura IV.** Modelo de producción Lean o TFV. Tomado de *Productividad en la Construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction*.

## **2.1.2. PROYECTO DE EDIFICACIÓN**

En primer lugar definamos que es un proyecto es: “Un conjunto de actividades que se realizan una sola vez, a base de un requerimiento o necesidad, que tiene un principio y un punto final definidos por un periodo de tiempo” (Robbins, 1997, pag. 143). Si nos enfocamos, un poco más en el ámbito de la ingeniería civil, podemos definir al proyecto de edificación al conjunto de actividades relacionadas entre sí, esto conlleva a tener un tren de actividades y estas se realizan siguiendo un plan o planificación, en el cual se van marcando hitos y estos hitos que destacan y se convierten en fases o etapas, las cuales van marcando cada ciclo del proyecto del Proyecto.

## **2.1.3. GESTIÓN DEL PROYECTOS**

Según la definición del Instituto de Gestión de Proyectos (Project Management Institute, PMI), la gestión de proyectos tiene un enfoque metódico para planificar y orientar los procesos del Proyecto de principio a fin, pasando por los cinco procesos fundamentales de la gestión de Proyectos que son el Proceso de Iniciación, Planificación, Ejecución, Control y Cierre del Proyecto.

A esta definición de la gestión de Proyectos, se debería agregar dos Procesos, los cuales abarcarían los procesos de sostenibilidad y el proceso de operación y mantenimiento, que la filosofía de VDC (Virtual Design Construction) y la metodología BIM, viene desarrollando y tomando más fuerzas para no solo pensar como cierre del Proyecto como el fin, sino como el comienzo para otra etapa más, para el comienzo del proceso de Operación y Mantenimiento del Proyecto, este concepto en la metodología BIM / VDC, se le conoce como que se le conoce como Ciclo de Vida del Proyecto. Ver Figura V. Proceso de desarrollo de un Proyecto BIM. Tomada de comité BIM peruano

## **2.2. TÉRMINOS RELACIONADOS A LA SUFICIENCIA PROFESIONAL**

### **2.2.1. Gerencia de Proyectos**

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

ESTÁNDAR	DEFINICIÓN
<b>APMBOK (Association for Project Management)</b>	"La gestión de proyectos es el proceso mediante el cual los proyectos se definen, planifican, supervisan, controlan y entregan de modo que los beneficios acordados se realicen."
<b>ISO 21500 (International Estándar Organization)</b>	"La gestión de proyectos es la aplicación de metodos, herramientas, tecnicas y competencias para un proyecto".
<b>ICB (IPMA Competences baseline)</b>	"Es la planificación, organización, seguimiento y control de todos los aspectos de un proyecto".
<b>PMBOK (Project Management body of knowledge)</b>	"Aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del proyecto".
<b>Marco Lógico</b>	"Conjunto de responsabilidades y de acciones necesarias para materializar el proyecto (consolidación de componentes) y para realizar su objetivo (propósito).

**Figura V.** Recopilación de autores que definen y dan alcance de lo que es una Gerencia o Dirección de Proyectos.

## 2.2.2. Herramientas de Lean Construction

Según Womack, 1996 y Picchi F, 1993, para que Lean Construction funcione es necesario el uso de una serie de herramientas que simplifiquen su uso y que permitan llevar los principios teóricos de la filosofía a la práctica profesional.

Tomando la cita anterior, el pensamiento Lean Construction busca crear herramientas específicas para optimizar y reducir costos y desperdicios, allí es donde nace **la metodología Building Information Modeling (BIM), Virtual Design & Construction (VDC)**, Last Planner System (LPS), este último no será tomado para esta investigación.

## 2.2.3. Metodología BIM

"BIM es un proceso que implica la creación y el uso de un modelo 3D inteligente para informar y comunicar las decisiones del proyecto. Diseño, visualización, simulación y colaboración habilitada por soluciones BIM brindan mayor claridad para todas las partes interesadas en todo el ciclo de vida del proyecto. BIM hace que sea más fácil alcanzar las metas del proyecto y de negocios". (Autodesk, 2014).

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Según Eastman et al (2008), indica que BIM, es el acrónimo de Building Information Modeling y es el proceso de generación y modelado de datos de la construcción durante todo su ciclo de vida del Proyecto, además indica que tiene que mucho que ver con la gestión de la información y no solo con el modelo. Teniendo como beneficios el aumento de la productividad y precisión en el diseño y construcción de edificios.

Acotando que existen todavía personas que creen que el BIM no es una metodología de trabajo sino es un programa de modelado y frecuentemente escuchamos hablar de BIM como si fuera Revit, Archicad, o cualquier otra plataforma de las muchas que hay en el mercado.

Es por eso que, según Alarcon Lopez y Martinez Gomez (2013), aclaran que BIM, no es un software, y que para poder desarrollar y gestionar la información se necesita obviamente un programa BIM, este proceso de introducir información en el programa BIM, se llama modelamiento, en el cual se modela ya no es dos dimensiones sino en tres dimensiones y lo más resaltante es que puede trabajar en tiempo real logrando mejorar los procesos de diseño del proyecto, flujos de trabajo, cronograma y la información de costos, teniendo en cuenta que este último debe de ser de alta calidad, fiable. Todo el proceso genera en primera instancia el modelo del edificio, abarcando su geometría, información geográfica, las cantidades de obra y las propiedades de los componentes del edificio.

Según el estudio desarrollado por el Instituto de la Construcción en Nicaragua, menciona que este nuevo método de trabajo, genera la integración de todos los agentes involucrados en el proceso de edificación desde los arquitectos, ingenieros, constructores, promotores, facilities managers, etc., y establece un flujo de trabajo y comunicación en todas las direcciones entre ellos, logrando generar un modelo virtual con información suficiente para poder administrar al edificio en todo su ciclo de vida, desde su fase conceptual, durante la construcción y vida útil hasta llegar su demolición.

La metodología BIM, tiene como principal fundamento, evaluar el proyecto desde la fase de diseño conceptual hasta la fase de demolición.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).



**Figura VI.** Proceso de desarrollo de un Proyecto BIM.

Fuente: *Comité BIM Peruano*

Según manifiesta V. Bazjanac (2004), la información que se aporta al modelo BIM, proviene de distintos tipos de software, programas de modelado, cálculo estructural, MEP, software de presupuestos, análisis de comportamiento energético, etc. “Un modelo de información de edificios especifica la geometría, las relaciones espaciales, información geográfica, las cantidades y propiedades de los elementos de construcción, las estimaciones de costos, inventarios de materiales y programación del proyecto. Este modelo se puede utilizar para demostrar todo el ciclo de vida del edificio”.

El conocimiento de todas estas herramientas y de la capacidad de interoperabilidad entre ellas, es fundamental para la correcta implantación de esta metodología BIM – VDC, además, es importante mencionar que el Comité BIM del Perú, menciona que la gestión de la interoperabilidad del modelo depende de la Información que este contenga, por tal motivo dependerá también del nivel de detalle o LOD con el cual ha sido desarrollado.

#### 2.2.4. Virtual Design and Construction - VDC

El diseño virtual y la construcción – VDC, por su siglas en ingles “Virtual Design and Construction, es el uso integrado de modelos diferentes disciplinas del diseño y de la construcción para cumplir con los objetivos pactados inicialmente en los negocios.

El Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) de la Universidad de Stanford, indican que estos modelos son lógicamente integrados para que todos los participantes del proyecto puedan acceder a la información, y proponer cambios en cualquiera de los objetos del modelo, los cuales se reflejan simultáneamente en todas las partes afectadas del modelo.

El termino VDC fue introducido en el año 2001, como parte de la misión y métodos del Centro para Instalaciones Integradas de Ingeniería – CIFE de la Universidad de Stanford.

Las principales características teóricas del VDC son:

- A. El VDC está enfocado a los objetivos del cliente y a los objetivos del Proyecto, involucrando a todos los participantes integrándolos en las sesiones ICE, integrando BIM + LEAN (PPM).
- B. El procedimiento para representar el producto, la organización y los procesos, en otras palabras indicar que para iniciar un modelo virtual se tiene que seguir diferentes lineamientos establecidos desde el desarrollo de un PEB (BEP) hasta el Estándar para el control de calidad de la información que contiene el modelo BIM.
- C. Los Modelos son usados para la planificación y programación de factores que disminuyan los factores de riesgos, que puedan afectar el costo del Proyecto.
- D. Muy parecido a los beneficios del BIM, los métodos de visualización del VDC, se enfocan en presentar vistas y características del Proyecto, de una manera más clara y entendible para los profesionales e involucrados. En el cual se ha denominado como Sesiones de Ingeniería Concurrente o ICE.
- E. Indicadores de económicos, donde se pueda obtener métricas cuantitativas del modelo, por ejemplo los metrados y costos, considerando el proyecto como un todo, no como elementos individuales.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Uno de los objetivos del CIFE es mejorar los procesos de construcción a través de herramientas de gestión de proyectos.

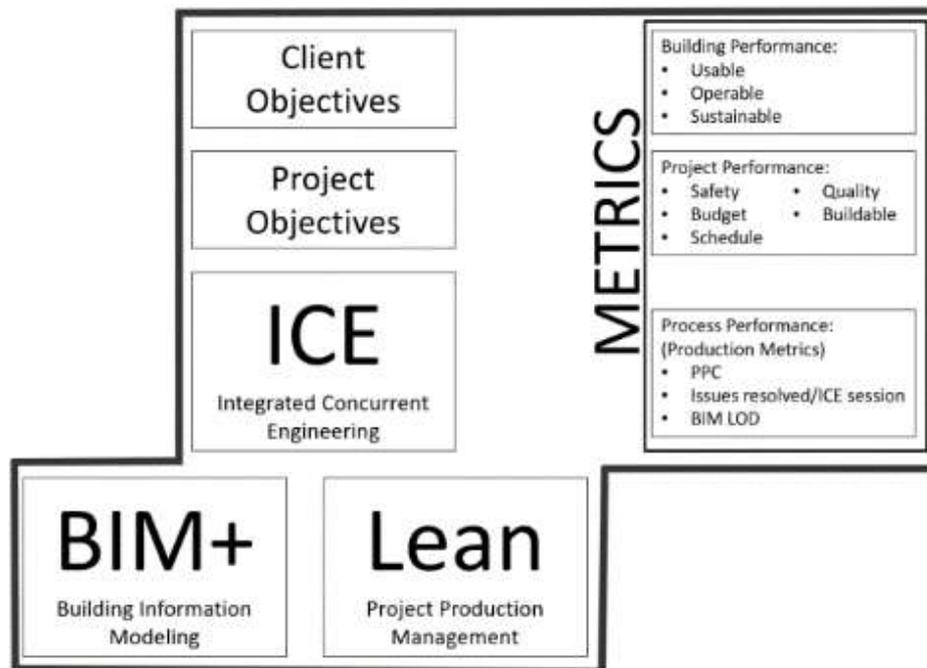


Figura VII Diagrama de Flujos de Procesos de la Metodología VDC  
Fuente: CIFE

### 2.2.5. SINERGIA e INTEROPERABILIDAD ENTRE BIM y VDC

Para poder hablar sobre la Sinergia entre la metodología BIM y VDC, debemos ver los fundamentos por los cuales fueron desarrollados.

Los orígenes del BIM se remontan a finales de la década de los setentas, cuando Charles M. Eastman de la universidad Georgia Institute of Technology, utilizó el término Building Product Model (sinónimo de Building Information Model) en sus libros y artículos. No obstante, Eastman sólo se llevó una pequeña parte del reconocimiento al aparecer años después Jerry Laiserin, quien popularizó el acrónimo BIM como una representación digital del proceso de construcción para facilitar el intercambio y la interoperabilidad de la información.

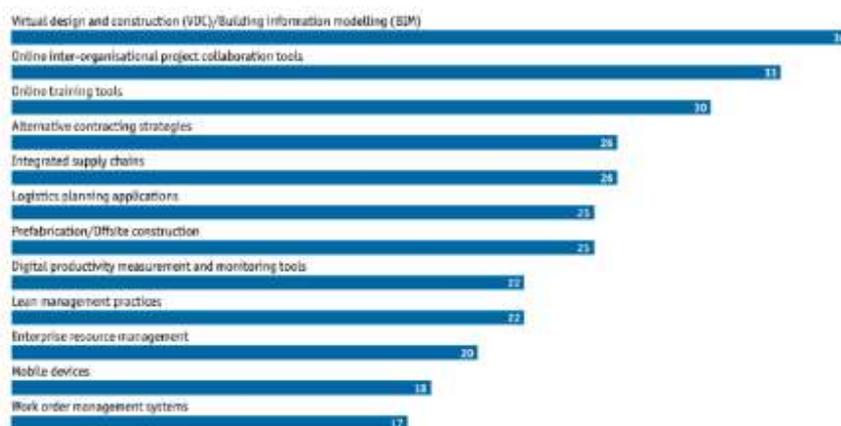
En el año siguiente el proyecto VIRCON (virtual construction) de la universidad de Teeside en Middlesbrough, Inglaterra, desarrollaría una base de datos integrada que actuaba como base de datos de recursos para la simulación y visualización de los

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

procesos constructivos. N. Dawood, E. Sriprasert, Z. Mallasi, B. Hobbs, fueron los encargados del proyecto para diseñar e implementar la base de datos en la construcción de un hospital en el campus de la universidad, y describieron los procedimientos que siguieron para desarrollar la base de datos integrada de recursos.

**VDC y BIM** son enfoques que se basan en procesos de trabajos que permiten construir virtualmente diversos proyectos, en el cual se maneja información que sirve para tomar mejores decisiones de diseño, planificación y construcción que conlleva a mejores resultados en la productividad como es el ahorro de tiempo y costos. Por citar algunos de los mencionados:

- F. La simulación de una programación 4D.
- G. La pre fabricación y el despiece para fabricación.
- H. La detección de incompatibilidades.
- I. La elaboración de presupuestos y cronogramas.
- J. El uso del Modelo BIM para optimización de la producción de subcontratista de acuerdo al tipo de trabajos que realiza.
- K. La mejora en la visualización de lo planificado.



**Figura VIII** ¿Qué herramienta de gestión tiene mayor impacto en la productividad?  
Fuente: CIFE

La metodología BIM – VDC, genera mejores escenarios para el desarrollo integral de procesos Lean contribuyendo directamente con los objetivos de esta filosofía. BIM, es fundamental para la fase de ejecución.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

La sinergia entre estas metodologías BIM – VDC, logran la interoperabilidad, por medio de las herramientas informáticas como Revit, Tekla Structure, vinculando entre sí, para sacar un mayor beneficio del proyecto a través de los modelos (Dave et al, 2013).

Entre algunos programas BIM, que usaremos para la aplicación en este proyecto será Autodesk REVIT y Naviswork Manage.

### **2.2.6. Beneficios y Aplicación BIM para la Etapa de la Construcción**

De acuerdo a un estudio realizado en el Reino Unido por Azhar (2008), indico que el mayor beneficio de la Implementación BIM es la **reducción de costos iniciales de construcción**, además de la **optimización del tiempo total entre el inicio y la culminación del Proyecto**, en un 72% y 66%, respectivamente, además menciono de otros beneficios y aplicaciones de la Metodología BIM en la industria de la Construcción:

#### **2.2.6.1. Estimación de Cantidad de Materiales.**

La estimación de la cantidad de materiales con BIM, tradicionalmente llamada en el sector de la construcción como Metrados, ofrece una forma de trabajar, ya que estos pueden ser obtenidos directamente de un modelo BIM, después de finalizada la etapa de modelo 3D. Esto es razonable ya que los modelos BIM representan una fuente de información y sirve como una base datos, y todos sus componentes, de acuerdo a sus características, tienen asociados distintos parámetros que los identifican, y desde esas tablas paramétricas que se conocen se pueden extraer los Metrados del modelo BIM, generando hojas de reportes de las principales partidas de materiales de un presupuesto.

#### **2.2.6.2. Detección de Conflictos y resoluciones**

La construcción se enfoca desde la idealización de los diseños estructurales, arquitectónicos y de las instalaciones, hasta su construcción. En obra, existen enfrentamientos entre las distintas especialidades que pueden generar re trabajo y retraso, generando pérdidas en términos de tiempo y costo (Khanzode, 2010). Por tal motivo, la metodología BIM, permite la identificación y detección de manera oportuna de interferencias, incompatibilidades e incongruencias entre las

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

diferentes especialidades, logrando evitar y disminuyendo los riesgos que puedan generar o derivar a posibles adicionales.

Con el soporte técnico de los Modelos BIM, se generan de una manera automatizada el Clash Detective (Identificadores de Conflictos), logrando identificar los conflictos internos, para proponer una la solución y esta pueda ser probada por el especialista encargado de la misma.

### 2.2.6.3. **Visualización.**

A través del análisis de los componentes del edificio, en los modelos 3D se puede analizar la topología de la construcción, que puede servir de ayuda para la generación del planeamiento de la construcción. Tradicionalmente, el planeamiento de la construcción es un factor crítico en la gerencia de la edificación. El planificador de la construcción es una persona con mucha experiencia en la construcción de edificios que sabe estimar el trabajo y los equipos requeridos para la construcción del edificio.

### 2.2.6.4. **Menores pérdidas en la Construcción**

Una de las causas más frecuentes que origina la extensión de plaza de ejecución, para este tipo de proyecto, son los planes de contingencia o colchones de tiempo, este último introducido por los subcontratistas de manera voluntaria para mantener su propia productividad, esto debido a tener un respaldo a consecuencia de que otro contratista fracase en cumplir sus compromisos de liberar el frente de trabajo o en el retraso en la toma de decisiones. (Eastman et al, 2008). BIM, involucra en la manera de trabajar de los subcontratistas, involucrando a todos, algunas mejoras que propone BIM:

- **Mejora el flujo de trabajo.** Aumenta la confiabilidad de la planificación y evita interferencia entre actividades entre los distintos contratistas.
- **Promueve el trabajo colaborativo.** Aumenta la participación de los involucrados con el proyecto.
- **Reduce los inventarios.** Al tener el modelo desarrollado se puede automatizar la prefabricación de piezas y accesorios.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

- **Reduce la latencia.** La información solicitada son resueltos de manera más rápida y colaborativa.

#### 2.2.6.5. **Planificación Virtual 4D**

La Planificación Virtual 4D, permite combinar los modelo BIM de las diferentes especialidades con la programación de Obra, pudiendo identificar las duraciones de las tareas de construcción programadas en un cronograma de obra que pueden desarrollarse en el software (Primavera o Ms Project). Esta integración de estos dos programas logra generar una planificación virtual o simulación 4D, que te permite visualizar el avance de obra en tiempo real, logrando identificar las rutas críticas del proyecto y controlar el avance del mismo.

De esta manera, el manejo de modelos 4D ayuda a reducir la variabilidad, optimizar el tiempo de los ciclos de producción, incrementar la transparencia de los proceso y, en general mejorar la confiabilidad del planeamiento. Estos son algunos de los puntos fuertes en el manejo de la productividad (Berdillana 2008).

**2.2.6.6. Trabajo colaborativo para la etapa de diseño y la construcción:** Esto se da manera interna y externa. En la primera, múltiples usuarios dentro de una organización editan el mismo modelo de manera simultánea; y en la segunda, se pueden compartir vistas no editables del modelo.

**2.2.6.7. Múltiples alternativas de Diseño:** La versatilidad del programa hace que puedan generar múltiples alternativas de diseño logrando optimizar la geometría, sin perder la coherencia del diseño.

**2.2.6.8. Uso del Modelo para la Operación y Mantenimiento:** El ingreso de la información al modelo genera, que elemento contenga información y esta información pueda ser utilizada para la gestión de Operación y Mantenimiento.

**2.2.6.9. Automatización de Planos y Documentos:** El ingreso de datos de entrada pueden generar planos y documentos de manera automática. Asimismo, los cambios, el gran temor en los diseño, se actualizan automáticamente en el modelo.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

- 2.2.6.10. Planificación autogenerada mediante modelos virtuales:** Mediante la integración de los modelos y los cronogramas del Proyecto podemos generar simulaciones que nos permitan evaluar las rutas críticas de una manera visual.
- 2.2.6.11. Trabajo en Nube, basado en servidores o plataformas virtuales:** Mediante plataformas virtuales, se permite la visualización de los procesos y productos, integrando los modelos virtualmente y haciéndolos factibles usarlos en cualquier parte del mundo.
- 2.2.6.12. Modelos usados para Fabricación:** Los modelos virtuales pueden generar detalles de fabricación, tales como planos de Taller y Planos de implementación, reduciendo el tiempo mano de obra, además puede hacerse de manera más precisa y rápida.
- 2.2.6.13. Modelos Asbuilt:** La actualización de los Modelos BIM, después del culminar la obra, se puede utilizar para los procesos de Operación y Mantenimiento, logrando el propósito original de la Metodología, acompañar a la edificación hasta el último ciclo de vida.

### **2.2.7. Nivel de detalle (LOD)**

El nivel de detalle, Level of Detail (LOD), por sus siglas en inglés, considera que el nivel de detalle que la geometría y la información se encuentran vinculadas a un elemento modelado, al cual dependiendo el nivel de detalle se convierte en elementos paramétricos, la cuales tienen información importante del proyecto, y sirven para poder ser cuantificados y visualizados. En el documento “Level of Development Specification” (2013), BIMForum interpreta las definiciones básicas de LOD desarrolladas por American Institute of Architects (AIA) en el documento AIA G202-2013.

De acuerdo a los estándares, establecidos por el Comité BIM del Perú y el Plan BIM Peru 2020, considera los siguientes niveles de Detalles:

#### **Nivel 200**

El modelo contiene el diseño desarrollado de los sistemas constructivos e instalaciones del edificio y sus elementos incluyen objetos genéricos, todos ellos con su tamaño, forma, ubicación y orientación. Permite realizar un primer análisis de cantidades y costo de las obras, metrados gruesos. Este es el Nivel mínimo que

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

permite el desarrollo de la Compatibilización mediante la generación de Reportes de Interferencias. Nivel que permite la coordinación Inter-Disciplinaria.

### **Nivel 300**

Los Modelos de Nivel de Desarrollo 300 (ND-300) incluyen objetos en los cuales los componentes genéricos han sido reemplazados por componentes en los cuales la totalidad de sus materiales han sido definidos.

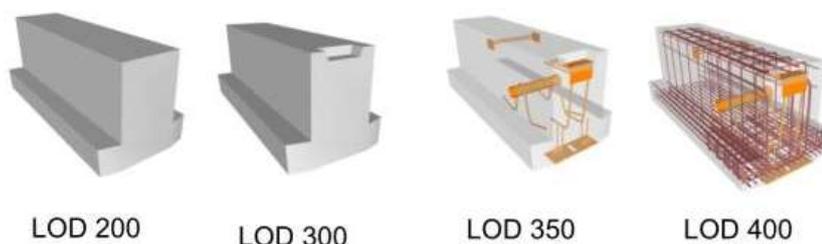
Análisis específicos de Sistemas así como Metrados exactos basados en los diferentes materiales pueden ser realizados en este nivel.

### **Nivel 400**

Los modelos de Nivel 400 (ND-400) incluyen elementos en los cuales los componentes ya están totalmente definidos y han sido complementados con detalles que permiten su fabricación y/o construcción e incluyen información 2D como texto, dimensiones, notas, etc.

### **Nivel 500**

Los modelos de Nivel 500 (ND-500) incluyen parámetros asociados a todos los elementos de la edificación que permitirán, una vez exportados fuera del entorno BIM, realizar la Programación de Obra así como Mantenimiento y Operaciones del proyecto.



**Figura IX.** Especificación de LOD. Fuente: *Protocolo Manual BIM del Comité BIM Perú*

## **2.2.8. Nivel de Desarrollo o LOD (Level of development)**

El Nivel de desarrollo viene definido por las siglas LOD (Level of development). Se encuentra definido como el nivel de desarrollo, madurez de la información o en palabras simples Información ingresada en los elementos o componentes que posee

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

un modelo BIM de un proyecto de edificación. (AIA, American Institute of architects). En ciertas ocasiones se puede confundir los acrónimos de LOD, debido a que existen dos términos completamente distintos y que se refieren a Nivel de Detalle como a Nivel de Desarrollo. En primer lugar, según (AIA, American Institute of architects), el nivel de detalle es la evolución lineal de un modelo, que se incrementa con el tiempo y se refiere al modelo del proyecto en los cuales se pueden obtener diferente tipo de información como costos, presupuesto, metrados y están relacionados a la fase de desarrollo del proyecto. El nivel de desarrollo se refiere a los elementos que conforman el proyecto y están determinados por los requerimientos de contenido del elemento y por sus parámetros de información como análisis, coste, programación, coordinación entre otros. Si bien es cierto que ambos términos se encuentran bastante relacionados. No se puede obtener un cierto nivel de desarrollo si no existe un buen nivel de detalle. Definir solo uno de ellos no tiene sentido. Intentando concretar en ambas definiciones y buscando entender sus diferencias, se puede decir que el nivel de detalle representa la cantidad de información que se aporta y el nivel de desarrollo la calidad de la información.

### **2.2.9. Implementación BIM – VDC en el Perú**

Actualmente en el Perú se viene desarrollando el Plan BIM, el cual contendrá la normativa para la correcta implementación y ejecución de esta metodología de trabajo en todos los niveles del estado, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), a través de la Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (DGPMI), en el artículo N° 5 del DL N° 1486, establece disposiciones para mejorar y optimizar la ejecución de las inversiones públicas y es complementado con el artículo N° 8 del DL N° 1252, donde establece el proceso de implementación BIM en el Perú, cuyo objetivo es promover la incorporación progresiva del Plan BIM Perú, en todas las entidades públicas del estado, con la finalidad de mejorar la calidad, eficiencia y transparencia de los proyectos de inversión pública. En dicho contexto se lanza el resumen de acciones para la marcha del Plan BIM Perú hasta el 2030, en el cual establece los resúmenes de acciones que va a desarrollar el gobierno peruano

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

en vista a la adaptación y a la adecuación de esta metodología a todos los niveles del sector público.



**Figura X.** Resumen de acciones Plan BIM Perú. Fuente: MEF

### **CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

El proceso de selección e incorporación a la empresa fue en el mes de Agosto del 2018, después de culminar el proyecto del Hotel Holiday Inn en Miraflores en la cual ya venía desempeñando el cargo de Coordinador BIM en obra y anteriormente en el Hotel Aloft sede en la Av. 28 de Julio, también con el mismo puesto Coordinador BIM en obra. Decidí asumir mayor responsabilidad y liderazgo incorporándome en la nueva empresa como BIM Manager, teniendo como hitos importantes las coordinaciones para las dos futuras ampliaciones del Mall Plaza Bellavista, Mall Plaza Trujillo y un nuevo Mall Aventura Chiclayo, cumpliendo las siguientes funciones:

- L. Liderar el equipo BIM, constituido por 4 Coordinadores y 10 Modeladores BIM.
- M. Generar el Estándar y Manuales de Modelamiento BIM
- N. Responsable de planificar, coordinar, controlar la ejecución y desarrollo de los proyectos BIM.
- O. Desarrollar los planes de Ejecución BIM (PEB) para su respectiva implementación en los proyectos.
- P. Determinar el alcance del Proyecto junto con los Gerentes de los Proyectos e Ingenieros Residentes, a los fines de establecer las actividades y recursos requeridos para su exitosa culminación.
- Q. Medición, control y seguimiento del avance físico y financiero del proyecto BIM.
- R. Analizar las desviaciones del proyecto para el establecimiento de las estrategias de ajustes conjuntamente con el responsable de la disciplina.
- S. Elaborar informes de ejecución de Avance y Control del proyecto.
- T. Supervisar el correcto despliegue de Recursos Humanos y Logísticos para los Proyecto.
- U. Gestión de información de los Modelos BIM.
- V. Gestión BIM de Proyectos desde la fase de Diseño hasta la implementación en Obra.
- W. Mejora continua de Procesos y Estándares BIM de la empresa.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

- X. Generación y Coordinación de oportunidades de negocio.
- Y. Responsable de establecer y llevar a cabo los objetivos y lineamiento de los proyectos.
- Z. Apoyar a la Gerencia de proyecto en las tomas de decisión, basado en la información obtenida de los modelos BIM.
- AA. Desarrollador de Realidad Virtual y Aumentada para Marketing y Publicidad de los Proyectos.

En el mes de Setiembre del 2018, en conjunto con la Gerente de Proyectos, nos apersonamos a la oficina del contratista encargado de la Gerencia de Proyectos/PMO para tener la reunión de Kick Off del proyecto Piloto Mall Aventura Chiclayo y otorgar la buena PRO, en la mencionada reunión tuvimos que afinar el cronograma debido a la premura del cliente en querer empezar con el proyecto, determinamos flujos de trabajo debido a que el proceso de modelamiento y compatibilización BIM se estaría llevando a cabo desde la fase de Diseño (Cabida) pasando por los procesos de Aprobación del Proyecto Municipal y Proyecto Ejecutivo, en este punto aplicar la Curva de MacLeamy, queriendo sacar el mayor beneficio (Reducción de la incertidumbre del Proyecto) y generar la ingeniería de valor en la etapa de diseño con la finalidad de llegar con menos observaciones a la etapa ejecutiva. Era la prueba de fuego para la empresa y para mi persona, respetar el cronograma, cumplir con los objetivos del cliente que eran: generar el modelo BIM, generar la ingeniería de valor, generar la estrategia para cumplir con los hitos y absolver las interrogantes del cliente con respecto a la metodología y al flujo del trabajo BIM, generar el reporte de observaciones y ayudar en el proceso de levantarlas. Así es como el 13 de Noviembre del año 2018, firmamos el contrato adjudicándonos el Proyecto Mall Plaza Bellavista (Ampliación) y el 06 de Febrero del 2019, firmamos el contrato por la Ampliación de Mall Plaza Trujillo por el servicio de Modelamiento y Compatibilización aplicando la metodología BIM integrando la metodología VDC.

El objetivo como especialistas BIM, es generar el instructivo que sirva como lineamientos para el proyecto y para los futuros proyectos, generar la estandarización del modelado BIM y la obtención de datos confiables reduciendo la incertidumbre

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

del Proyecto con el fin de conseguir métricas que permitan al cliente percibir que se está generando la ingeniería de valor que requiere su proyecto.

### 3.1. PROYECTO ESTUDIADO

#### 3.1.1. Proyecto Ampliación Mall Plaza Bellavista

El proyecto Ampliación Mall Plaza Bellavista, tiene un área aproximada de intervención de 31 899.64 más 4 883.32 m<sup>2</sup> de área de remodelación, está ubicado en la Av. Mariscal Oscar R. Benavides, Callao, Perú. El proyecto consta de un sótano, tres niveles con sus respectivo techo.

Nombre del Proyecto	Centro Comercial Mall Plaza Bellavista
Ubicación	Av. Mariscal Oscar R. Benavides 3866-4070, Urb. El Aguilá, Bellavista, Provincia Constitucional del Callao.
Tipo de Proyecto	Remodelación y Ampliación
Área remodelada	4, 883.32 m <sup>2</sup>
Área ampliada	31, 899.64 m <sup>2</sup>
Niveles	Sótano 1, Piso 1, Piso 2, Piso 3, Techo.

**Figura XI.** Información técnica del Proyecto Mall Plaza Bellavista. Fuente: Propia

El proyecto tiene con objetivo principal reducir o mapear todas las incertidumbres vertidas en los planos 2D, encontrar la mejor forma de solucionar y generar ingeniería de valor para reducir costo y maximizar ganancias, teniendo en cuenta que es una ampliación del Mall existente, y el cliente quiere reducir la altura del sótano para que tenga un ahorro sustancial en excavación y movimientos de tierra. El cliente ha solicitado también que todas las tuberías de las especialidades (ACI, IISS, IIMM, IIEE) a desarrollar en el nivel sótano deben quedar a una altura libre de 2.30m del NPT del Sótano. Además, el cliente quiere construir dos torres de oficinas. El cliente desea aplicar la realidad virtual para poder observar de manera inversiva el proyecto y obtener el metrado exacto del proyecto, incluido el Acero de Refuerzo.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).



Imagen. Modelo BIM Arquitectura

**Figura XII.** Vista Isométrica del Proyecto Mall Plaza Bellavista. Fuente: Propia

**Figura XIII.** Render del Proyecto Mall Plaza Bellavista. Fuente: Propia



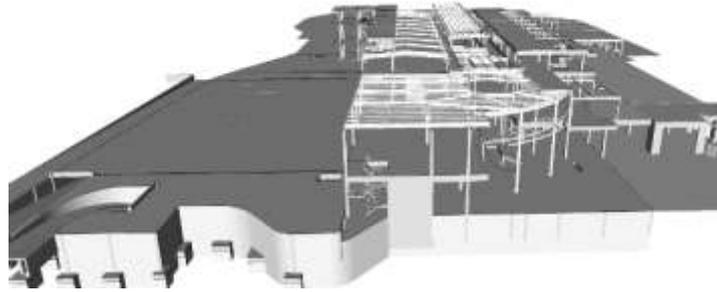
**Figura XIV.** Modelo de BIM del proyecto MPB. Fuente: Propia

**Modelo de BIM del proyecto**

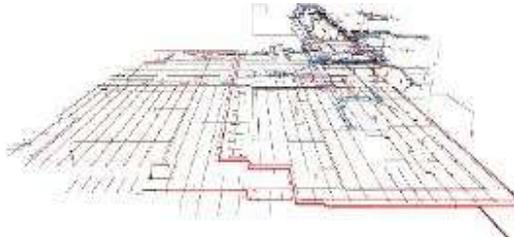


**Modelo de Arquitectura**

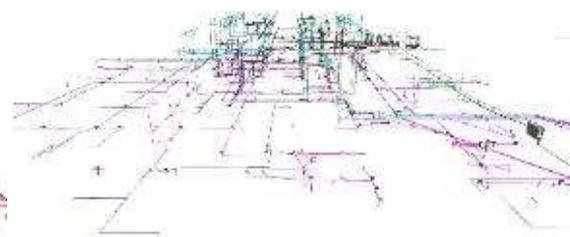
Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).



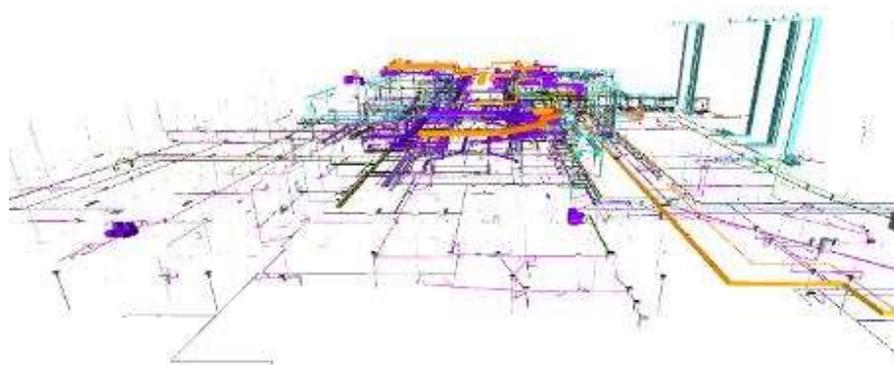
**Modelo de Estructuras**



**Modelo Agua Contra Incendio**



**Modelo Instalaciones Sanitarias**



**Modelo Instalaciones Mecánicas, Instalaciones Eléctricas, Comunicación y GAS**

### **3.2. Objetivos y Requerimientos del Cliente**

El cliente en conjunto con el equipo de Gerencia requiere que no se repita el mismo caso que en el proyecto MPC, que las observaciones se llevaron hasta la fase de ejecución de obra. Indicando que se debe de disminuir al máximo la cantidad de observaciones en la fase de diseño y expediente técnico, para que no se vea comprometida en la fase de ejecución del Proyecto en obra. Esta ha conllevado a que MPC tenga un retraso de 11 Meses por temas de incongruencia y otros aspectos actuales (según fuente de la revista Perú Retail y el diario Gestión estaba proyectado la apertura para Diciembre 2019 – Marzo 2020 y siendo Octubre 2020 sigue en construcción e implementación, solo han aperturado la 1ra etapa).

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).



**Figura XV.** Recortes de Periódicos de la propuesta Mall Plaza Comas. Fuente: PeruRetail y Diario Gestión

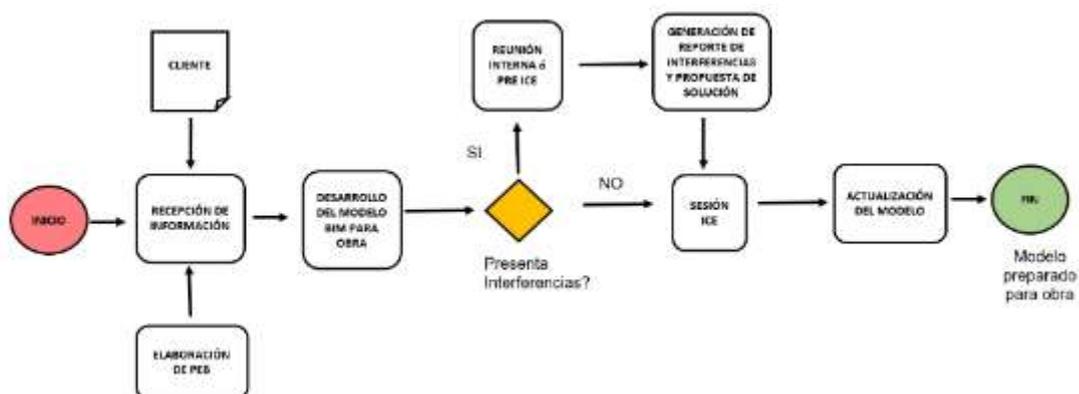
El cliente solicitó un control de liberación de observaciones por todo el proceso de gestión del expediente del proyecto y durante el acompañamiento BIM del proyecto en fase de expediente.

El cliente requiere que se trabaje con su estándar BIM, con el cual viene trabajando sus diferentes proyectos.

### 3.3. Plan Implementación VDC / BIM en el Proyecto

En los procesos de implementación VDC / BIM, en una empresa o para desarrollar cualquier proyecto de Edificación hay que establecer directrices y objetivos principales como: porque se va implementar la nueva metodología, establecer flujo de trabajos colaborativos, entornos comunes de colaboración, sesiones colaborativas, implementación de protocolos y estándares, adquisiciones de software y hardware, capacitaciones al personal y nuevas contrataciones de recursos humanos.

#### 3.3.1. Flujo de Trabajo BIM



Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

**Figura XVI.** Flujo de Trabajo BIM. Fuente: Propia

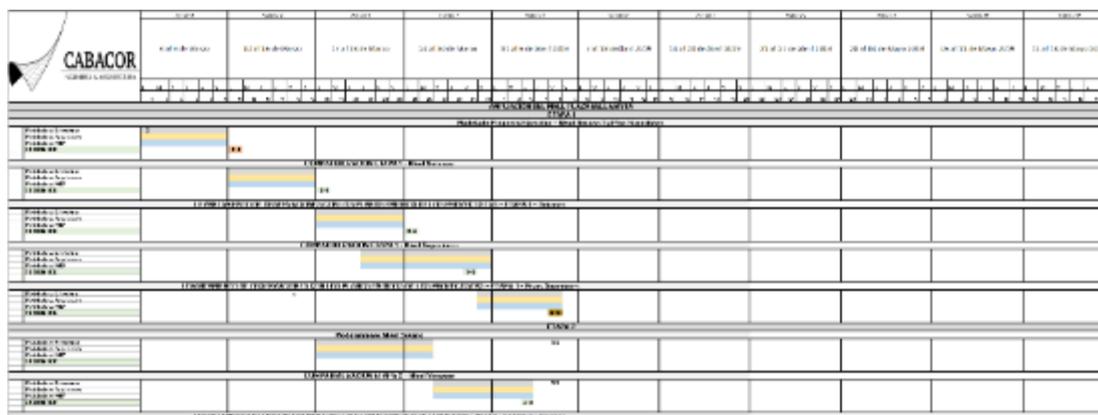
Para el Plan de Implementación BIM en los proyectos Retail, se alinea el flujo de trabajo de acuerdo a los objetivos del cliente, desde la recepción de la información, desarrollo estandarizado de los modelos BIM, gestión de la información y análisis de incompatibilidades e interferencias, así como la programación de reuniones de coordinación ó ICE con los diferentes especialistas involucradas en el proyecto, para exponer las observaciones o RDI encontrados en el proceso de modelado BIM, asimismo, explicarles los beneficios de tener la información plasmada en un modelo BIM. En el proceso de las reuniones se les mostró la información que contenía el modelo y la que podía contener.



**Figura XVII.** Reunión con los diferentes proyectistas involucrados.

**Fuente.** Propia

A su vez en este proceso los diferentes especialistas involucrados nos daban su propio feedback y nos explicaban cuál era su función dentro del proyecto para así poder tener un mayor entendimiento de ellos mismos y plasmarlo en el modelo. Así como poder levantar de manera colaborativa la mayor cantidad de observaciones posibles. Para llevar a cabo estas reuniones se generó un cronograma en coordinación con el equipo de trabajo del proyecto y el equipo de soporte BIM.

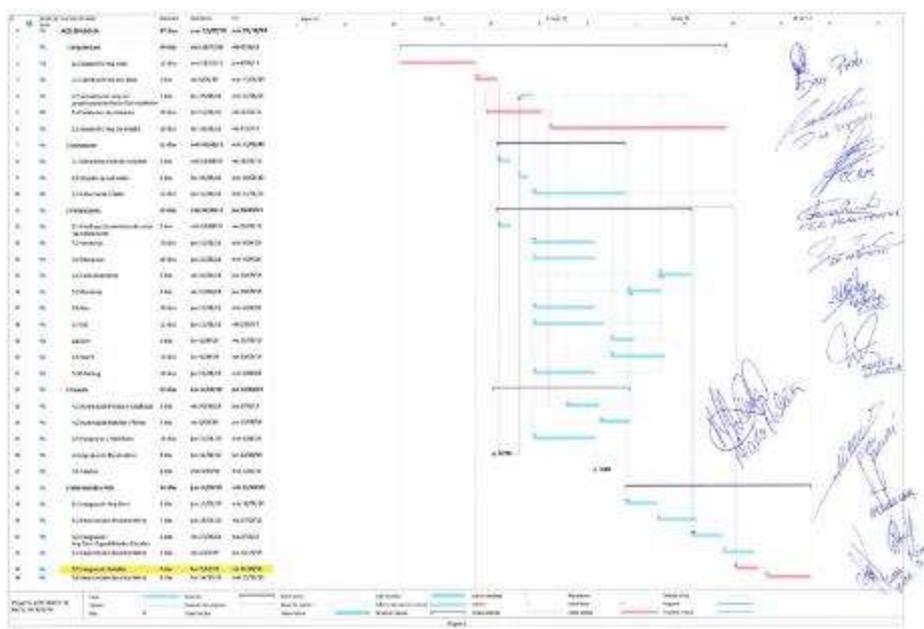


Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

**Figura XVIII.** Cronograma de Reuniones entre Equipo BIM y Equipo de Obra del Proyecto.

Fuente: Propia

Como producto de las reuniones y habiendo recibido los diferentes soportes en cuanto a necesidades de las diferentes áreas de trabajo del proyecto, nos enfocamos también en el Plan Maestro o Cronograma general del mismo, con el fin de armar o ejecutar un plan maestro en conjunto con el modelo BIM.



**Figura XIX.** Cronograma Master. Fuente: Propia

### 3.3.2. Proceso de Acompañamiento o Soporte BIM

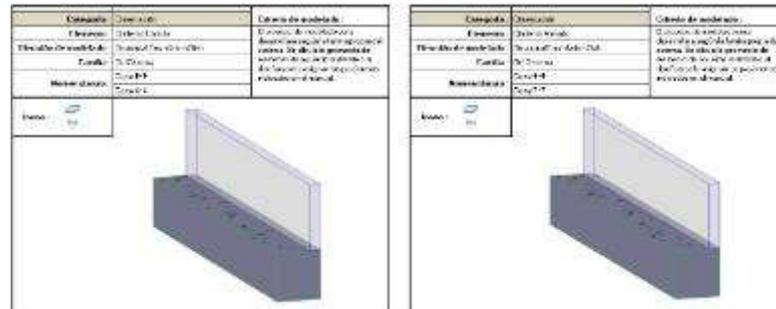
#### De la Gestión de Calidad de recepción de la información

Para la gestión de la información recibida se generó un registro de planos o LOG de Planos de acuerdo a la Gestión de Calidad, el cual ayudaba en el control de información recibida y tener un control de planos con los cuales se iba trabajando debido a que los cambios y actualizaciones en los proyectos tipo Retail eran constantes.



Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

sesiones ICE o sesión de coordinación BIM, con ayuda de los planos de compatibilización o planos de coordinación con el objetivo de disminuir los conflictos y sugerir movimientos y recorridos que luego serían aprobados por el especialista y plasmado en sus planos.



**Figura XXII.** Criterios de Modelado. Fuente: Propia

Durante el proceso de acompañamiento el equipo realizó entregas periódicas de los modelos BIM, de acuerdo al alcance de la propuesta, el nivel de detalle requerido por el cliente, además que tenía que incluir el modelado del acero de refuerzo para el desarrollo de los modelos BIM.

Asimismo, se generó entregas parciales de análisis de producción con respecto al levantamiento de observaciones, los cuales involucraba a los especialistas y equipo BIM.

Los proyectos por ser de tipo retail durante su proceso de desarrollo tuvo múltiples actualizaciones del modelo BIM, por lo cual las observaciones fueron reportadas en múltiples sesiones de coordinación o ICE y expuestas en las reuniones de diversas maneras para un mejor entendimiento, teniendo en cuenta que ambos proyectos eran remodelaciones y ampliaciones de un Mall existente y se estaba considerando en construir en dos Etapas.

### 3.4. Procedimiento para la Implementación VDC / BIM

- A. Planos 2D a 3D Modelo desarrollado en software BIM Revit.
- B. Revisión de incongruencias, identificación de interferencias y SI por especialidad del expediente del proyecto y posterior generación del Reporte de Observaciones.
- C. Gestión de la Información del modelo BIM
- D. Sesiones ICE o sesiones de coordinación BIM.
- E. Planos de coordinación para levantamiento de observaciones.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

- F. Programación y sectorización dentro del Modelo de acuerdo a las etapas de los Proyectos.
- G. Capacitación al cliente en el uso del Software BIM Revit y Navisworks.
- H. Renders del Modelo

#### **A. Planos 2D a 3D Modelo Revit**

Recepcionados los planos del expediente y recibidos a la vez por el Equipo BIM, y ya establecido el cronograma para el modelado, se comienza a transferir toda la información adquirida en los planos, a este proceso se le denomina modelado BIM, este proceso tiene la finalidad de ir levantando en 3D la información vertida por los especialistas en 2D y en el proceso ir revisando la posibles incongruencias del proyecto. Para el proceso del desarrollo del Modelo del Proyecto MPB, se tiene que tener en cuenta las coordenadas de punto de inicio de los modelos, pudiendo ser Origen vs Origen, Puntos de coordenadas compartidas, entre otros.

Para el proyecto se tiene que tener en cuenta, el nivel de detalle con que se va a desarrollar el modelo BIM (de acuerdo al alcance del cliente), asimismo la información que este va a contener dentro del modelo. En otras palabras si va a ser usado para la operación y mantenimiento o simplemente solo usado para la detección de interferencias e incompatibilidades.



**Figura XXIII.** Modelos 3D de Especialidades del Proyecto MPB.

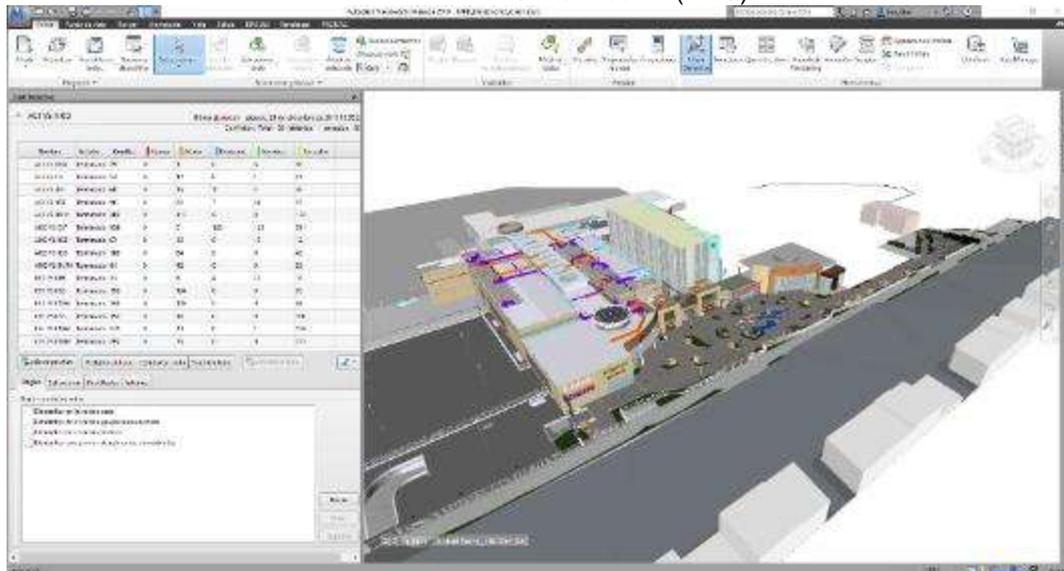
**Fuente:** Propia

#### **B. Identificación de Interferencias – RFI y SI por Especialidad y Generación de Reportes de Observaciones.**

La Identificación de Interferencias e incompatibilidades se lleva a cabo en el proceso del modelado, ya que el trabajo del modelado que realiza el Equipo BIM es de manera colaborativa, de modo que el Equipo se reparte el modelado por cada especialidad



Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).



**Figura XXVI.** Vista del Navisworks basado en el Proyecto MPB **Fuente:** Propia

AUTODESK  
NAVISWORKS

Informe de conflictos

Proyecto	Nombre de conflicto	Estado	Ubicación	Descripción	Resolución 1	Resolución 2
Conflicto 1	AC-10-100	Resuelto	0,00, 0,00, 0,00	...	...	...
Conflicto 2	AC-10-101	Resuelto	0,00, 0,00, 0,00	...	...	...
Conflicto 3	AC-10-102	Resuelto	0,00, 0,00, 0,00	...	...	...
Conflicto 4	AC-10-103	Resuelto	0,00, 0,00, 0,00	...	...	...
Conflicto 5	AC-10-104	Resuelto	0,00, 0,00, 0,00	...	...	...
Conflicto 6	AC-10-105	Resuelto	0,00, 0,00, 0,00	...	...	...

**Figura XXVII.** Informe de Clash Report de Naviswork del Proyecto MPB.

**Fuente:** Propia

Una vez identificadas las observaciones y vinculadas al reporte de observaciones, se generó la clasificación primero por Estatus de la Observación y prosiguiendo por el Impacto de la observación persistente. A través de estas clasificaciones es posible obtener una serie de graficas que ayudan a tener un mejor control del Modelo, así como un estatus de las observaciones levantadas y las que se encuentran persistentes y poder realizar un análisis de impacto en el uso del modelo BIM hacia el proyecto.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

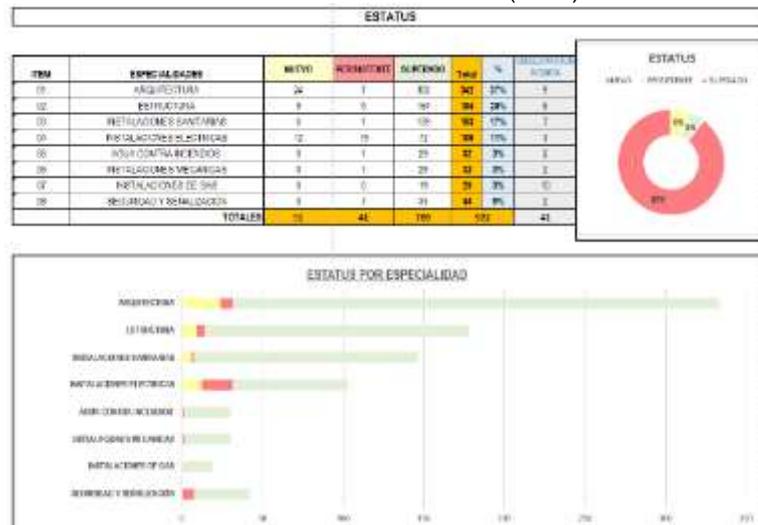


Figura XXVIII. Control de Observaciones para el Modelado del Proyecto MPB.

Fuente: Propia



Figura XXIX. Estados de Respuestas de RFI para el Modelado del Proyecto MPB.

Fuente: Propia

### C. Gestión del modelo y de la Información del Proyecto

Para la correcta gestión del modelo BIM, se tiene que implementar la plantilla adecuada de acuerdo a las diferentes especialidades que exista en el modelo.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
MPB_AC	25/12/2018 10:40	Archivo SVT	38,004 KB
MPB_AJU	25/12/2018 10:40	Archivo SVT	545,254 KB
MPB_EST	1/01/2019 15:17	Archivo SVT	275,977 KB
MPB_Mecanica	25/12/2018 10:44	Archivo SVT	110,324 KB
MPB_ELC	25/12/2018 10:45	Archivo SVT	5,260 KB
MPB_EEE	25/12/2018 10:46	Archivo SVT	233,310 KB
MPB_MIM	25/12/2018 10:46	Archivo SVT	25,416 KB
MPB_SST	27/12/2018 15:07	Archivo SVT	61,902 KB
MPB_SEGURIDAD	29/12/2018 10:46	Archivo SVT	154,324 KB

Figura XXX. Plantillas del Proyecto MPB. Fuente: Propia

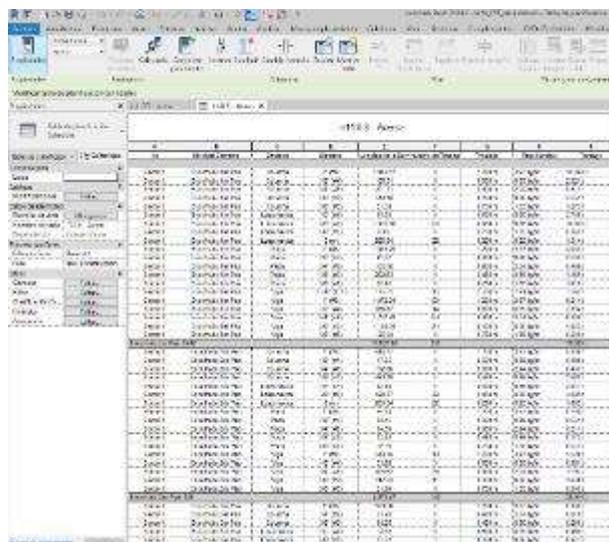
Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Posterior a la creación de las plantillas se tiene que generar los diferentes filtros de sistemas por especialidad, teniendo en cuenta todas las especialidades que se van a desarrollar.

Especialidad	B	B	B	Tipo de sistema	Moneda
<b>Sanitario</b>					
Desague Domestico	255	0	255	Solid R#	
Desague Grueso	0	128	0	Solid R#	
Sanitarios	128	255	128	Solid R#	
Agua Caliente/Caliente	0	255	255	Solid R#	
Agua potable fría	0	0	255	Solid R#	
<b>Electricidad</b>					
Electricidad/Alta tensión	185	0	0	Solid R#	
Electricidad/Baja Tensión	0	255	0	Solid R#	
Electricidad/Comunicaciones	255	90	0	Solid R#	
<b>Clima</b>					
Clima/Agua Helada	175	90	255	Solid R#	
Clima/Extracción	128	255	255	Solid R#	
Clima/Inyección Areas Comunes	128	0	255	Solid R#	
Clima/Inyección locales	182	108	255	Solid R#	
Clima/Extracción Campanas	0	128	182	Solid R#	
<b>Seguridad</b>					
Seguridad Incendio/Resistencia	255	0	0	Solid R#	
Seguridad Incendio/Red Drenaje	155	50	0	Solid R#	
Seguridad Incendio/Locales Comunes	0	128	255	Solid R#	
Seguridad Incendio/Resistencia	255	128	128	Solid R#	
<b>SAC</b>					
Sac	255	255	0	Solid R#	

**Figura XXXI.** Filtros de sistemas por especialidad del Proyecto MPB. Fuente: Propia

En el proceso de modelado se tiene que tener en cuenta la información que queremos obtener del modelo y para que se va a utilizar de acuerdo a los objetivos del cliente. Para el proyecto MPB, el modelo desarrollado tenía un LOD 350 para las especialidades de Arquitectura, Estructuras (Incluido el modelo de Acero de Refuerzo) e Ingenierías. En el proceso de desarrollo se tiene que ir modelando respetando los criterios técnicos de constructibilidad, teniendo en cuenta la inserción de información dentro de los parámetros dentro del modelo BIM y sea factible la obtención de metrados, sectorización, planificación 4D y 5D, estos últimos eran los objetivos específicos del cliente, así como su objetivo principal no contar con observaciones en la fase de construcción.



Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

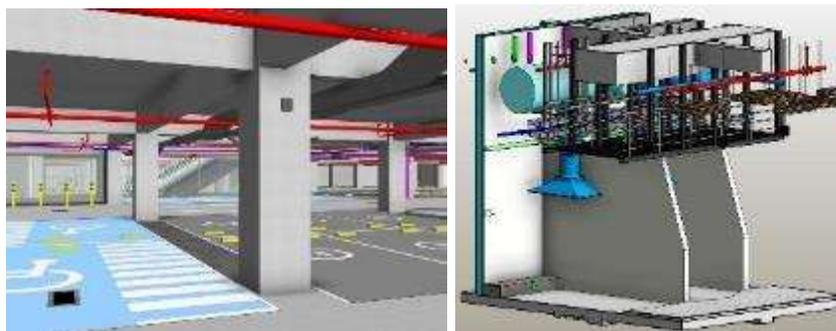
**Figura XXXII.** Obtención de Metrado de Acero del Proyecto MPB.

Fuente: Propia

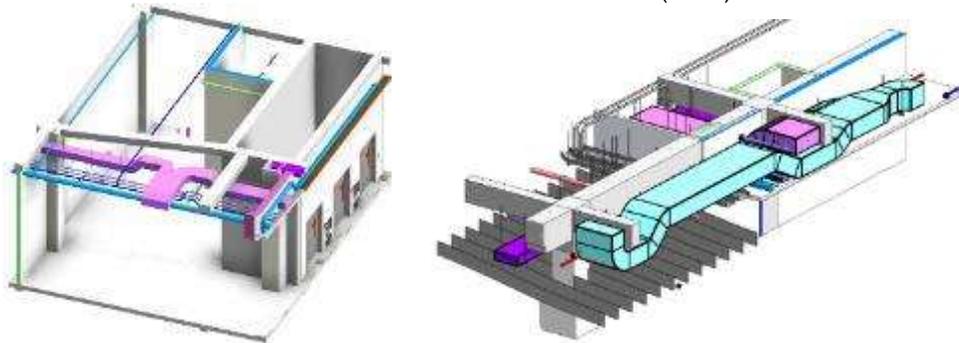
Luego de tener completo el modelo BIM en Revit, es importado a la herramienta llamada Navisworks, que aparte de la detección interferencias mencionadas anteriormente, se puede gestionar información y revisar los modelos BIM, haciendo recorridos virtuales dentro del modelo, permitiéndonos tener una visión más acertada y detallada de cada zona en donde fluctúan todas y cada una de las especialidades modeladas.



**Figura XXXIII.** Entorno de Trabajo de Naviswork del Proyecto MPB. Fuente: Propia



Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).



**Figura XXXIV.** Visualización en el programa Naviswork del Proyecto MPB.

Fuente: Propia

#### **D. Sesiones ICE o Sesiones de Coordinación**

Las sesiones ICE o sesiones de coordinación se desarrollaban en las oficinas del cliente, enfocadas netamente a la absolución de observaciones y participaban todos los proyectistas, cliente y la gerencia, siempre enfocados en los objetivos del Proyecto.



**Figura XXXV.** Reunión con los diferentes proyectistas involucrados.

Fuente. Propia

Los lineamientos para tener una buena sesión ICE, es tener el ambiente óptimo para realizarla, (Proyectores, Computadoras, etc), seguido de que el equipo que dirigirá la sesión tenga todo el conocimiento necesario para conducir la sesión y tenga potestad de definición sobre diseño, conocimientos constructivos y toda la voluntad de participar para lograr generar ingeniería de valor para el proyecto.

Una sesión que no logra objetivos, no puede llamarse sesión de coordinación o sesión ICE, ya que solo sería una reunión más donde se hablan de temas y no se llegan a ningún acuerdo.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Después de concluir la sesión ICE y de que los involucrados actualicen sus planos en virtud a los acuerdos. Se generó un cuadro de evaluación de desempeño de Projectistas, los cuales tenían criterios de evaluación para calificar su participación en la sesión ICE.

Evaluación de Desempeño de Projectistas									Calificación Final	
Criterio de Evaluación										
Especialidad	Observaciones levantadas	Concurrencia a los Sistemas	Colaboración frente al Proyecto	Tiempo de Entrega	Servicio de Asesorías	Certificación	Factor de Ponderación	Puntaje		
Arquitectura	2	3	3	3	3	3	1.0	0.25	3.9	Aceptable
Estructuras	2	2	2	3	3	3	1.0	0.25	3.25	Aceptable
ISE	2	4	2	1	1	1	1.0	0.25	3	Aceptable
ISE	2	2	2	2	2	2	1.0	0.25	3.25	Aceptable
BIMM	2	2	2	2	2	2	1.0	0.25	3.75	Aceptable
IG	3	3	3	3	3	3	1.0	0.25	3.75	Aceptable
ICI	1	1	1	1	1	1	1.0	0.25	3	Aceptable

Figura XXXVI. Evaluación de Desempeño de Projectista.

Fuente. Propia

### E. Planos de Coordinación para levantamiento de observaciones.

Pero para este proyecto se realizó el Layout expresado en un Modelo BIM, con el cual se logró un mejor entendimiento para el levantamiento de observaciones y agilizar la respuesta de los proyectistas, así ellos puedan generar planos de detalles y vistas isométricas para que puedan anexarlas a sus planos y generar mayor detalle a sus laminas 2d.

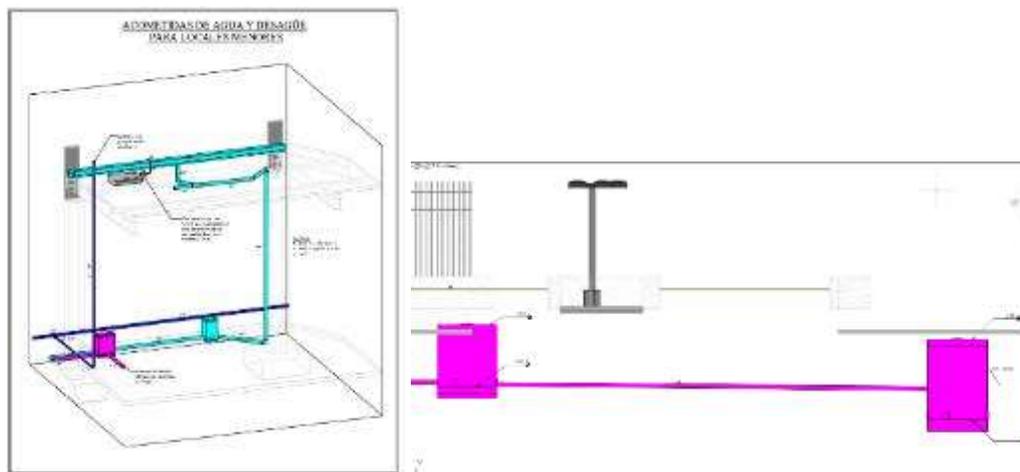


Figura XXXVII. Layout 3D Modelo BIM del Proyecto MPB. Fuente: Propia

### F. Capacitación al cliente en el uso del software BIM Revit y Navisworks

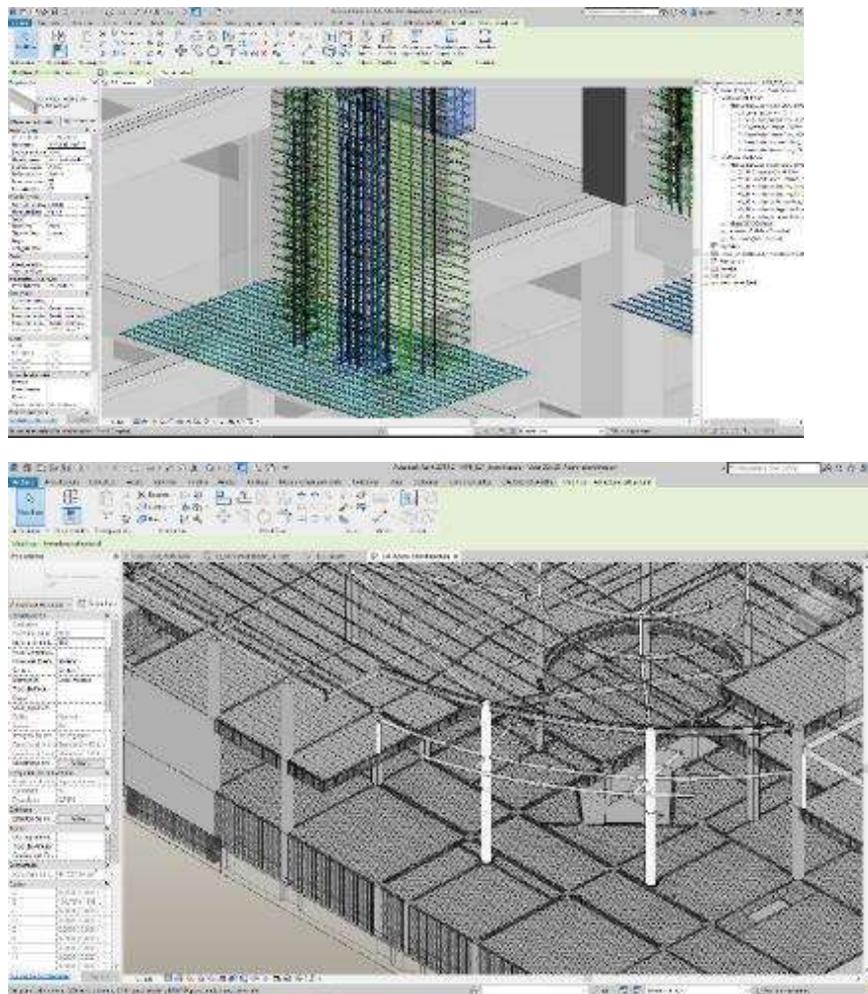
Para dar inicio a la capacitación, se realizó un análisis del organigrama del proyecto para identificar a los principales involucrados de cada Área del proyecto, así como quienes estaban a cargo de éstos. A través del análisis y por el tiempo ajustado que teníamos, ya que el cronograma o master plan del proyecto estaba ajustado.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

La capacitación consistió en la enseñanza de los programas Revit y Navisworks, direccionada a la enseñanza del uso de sus comandos con la intención que aprendan a extraer la información necesaria del modelo.

Cabe señalar que para utilizar el Navisworks, es necesario primero Modelar en Revit, para luego importar dicho modelo con toda la información.

Esta capacitación sirvió para un mejor entendimiento del Modelo, teniéndose claro que tipo de información les era capaz obtener del modelo para su beneficio según correspondan al área a la que pertenecen.



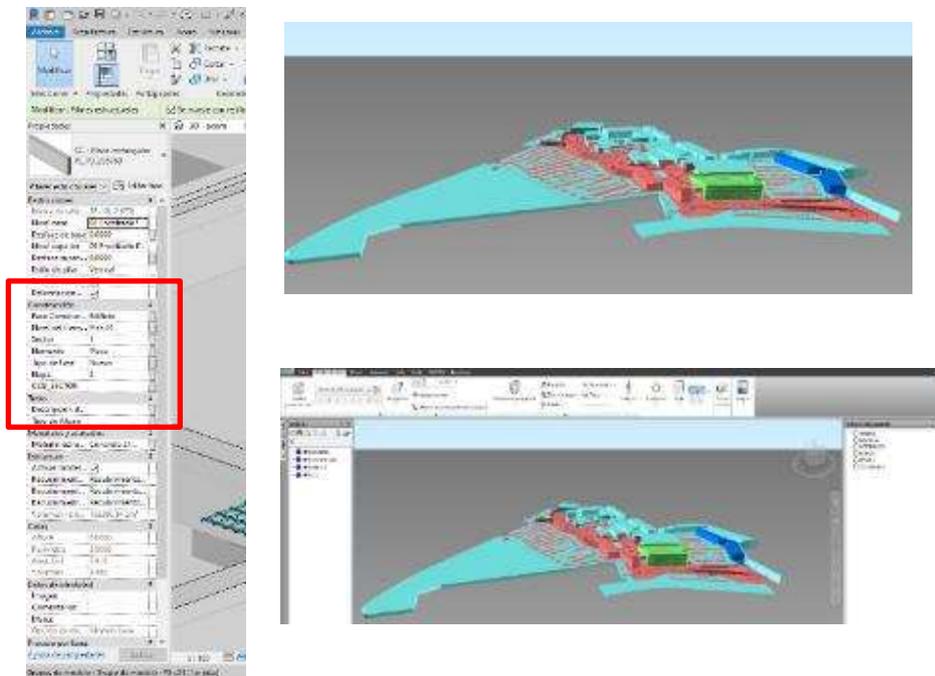
**Figura XXXVIII.** Entorno de Trabajo Revit del Proyecto MPB. Fuente: Propia

### **G. Programación y Sectorización del Proyecto**

Gracias a las reuniones realizadas y sobre todo con el área de Gerencia se pudieron determinar parámetros y separar el proyecto en dos Etapas para obtener un modelo más construible y de acuerdo al requerimiento del cliente, a partir de aquello se

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

empezó a parametrizar el modelo de acuerdo a estas dos etapas y llevarlos al modelo en Revit y al modelo en Navisworks.



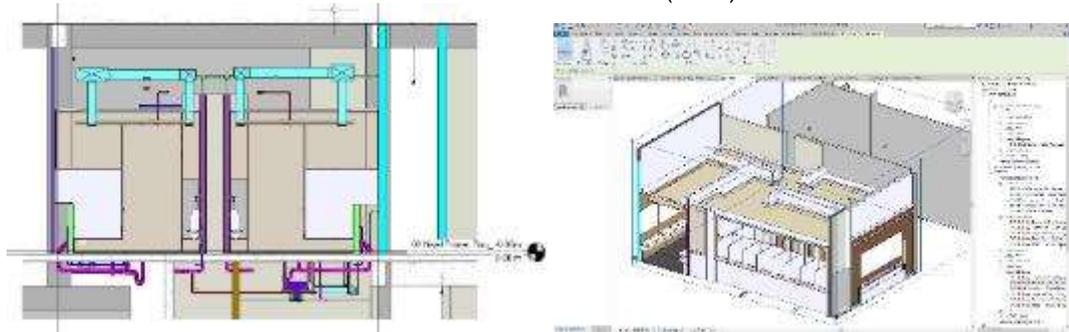
**Figura XXXIX.** Sectorización plasmada en el modelo de acuerdo a las etapas programadas para la ejecución en obra. **Fuente:** Propia

La sectorización por etapas también se utilizó para la obtención de metrados por las dos etapas, para que al momento de la construcción o la licitación del proyecto sea una ventaja para la parte de Gerencia, al conocer el metrado exacto de las partidas más significativos del proyecto, saber exactamente cuánto era el requerimiento del acero de refuerzo, concreto, tabiquerías por tipos, etc.

Todos estos parámetros fueron posibles introducirlos en el modelo gracias a la coordinación que hubo con el equipo de Implementación BIM y los encargados de realizar la parte de Gerencia.

El control por etapas del proyecto que se realizó también al momento de modelar los espesores de muros reales y de acuerdo a la tipología de muros del proyecto, los cuales iban a ser asentados en Obra, el modelado de estos muros fueron efectuados en todas las áreas del proyecto, los cuales sirvieron para llevar una métrica más exacta de los materiales a colocarse en los muros tales como los acabados de cerámico y porcelanato ubicados en el piso y paredes

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).



**Figura XL.** Control de Avance modelado de Muros del Proyecto MPB. **Fuente:** Propia

### H. Renders del Proyecto y Realidad Virtual

Con la ayuda de los Renders del modelo tuvo una acogida generosa en obra ya que pudo llegar a todos los involucrados y que ellos pudiesen darse una idea o perspectiva de cómo iba a quedar terminado tal sector y la espacialidad que contenía cada ambiente.



**Figura XLI.** Fotos Renders Obtenidas del Modelo BIM del Proyecto MPB.

**Fuente:** Propia

A partir de los modelos BIM desarrollados integramos el proyecto a fin de poder llevar a un modelo de realidad virtual, el cual permitía al cliente ver el proyecto de una manera inmersiva como si ya existiera o este construido a fin de poder tener otra perspectiva del proyecto.



**Figura XLII.** Desarrollo de Realidad Virtual del Proyecto MPB. **Fuente:** Propia

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1. Desarrollo de Estándares

El principal problema de la empresa y uno de los objetivos de este proyecto de investigación, era establecer los lineamientos para estandarizar los manuales de procedimientos para un correcto modelado, hasta tener el lineamiento del formato de Reporte de Observaciones.

Por tal motivo, se desarrollaron los lineamientos para el desarrollo de los estándares para un correcto modelado de Arquitectura, Estructuras y MEP.

Para el desarrollo de los estándares que se usarían para el proyecto y quedarían para la empresa, se establecieron pautas en las cuales involucraba experiencia, criterios técnicos, beneficios de la metodología BIM, llegando hasta para que se iba a usar los modelos BIM, en ese efecto se establecieron y se optaron por 3 manuales estandarizados en donde se indicaban las siguientes pautas: el propósito, el objetivo, el alcance, parámetros del proyecto, tipos de materiales, criterios de modelado, presentación del modelo y presentación del metrado BIM.

#### 4.1.1. Instructivo para Generación de Estándar de Modelado de Arquitectura, Estructuras y MEP.

Para el desarrollo del estándar de modelado de la especialidad de Arquitectura, se destinó las siguientes pautas:

##### A. Introducción

El BIM es una metodología de trabajo integral que facilita y agiliza la creación y modificación de proyectos, asegurando la calidad de los trabajos en las diversas etapas de una edificación.

##### B. Propósito

El presente documento define los criterios mínimos de modelado en la herramienta Autodesk Revit, con el fin de obtener el modelo 3D, obtener metrados automáticos y confiables directamente del modelo 3D. Cabe mencionar, que dicho documento está específicamente dirigido a la disciplina de Arquitectura; tomando en consideración únicamente los elementos arquitectónicos de un proyecto de construcción

##### C. Alcance

El presente manual, dentro de todos los beneficios ofrecidos por la metodología BIM, se centra en detallar los criterios base para la obtención de metrados de la especialidad de Arquitectura, a través de la herramienta Autodesk Revit. Estos criterios son procedimientos

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

que ha adoptado dentro de la amplia información existente acerca del modelado en Revit, por considerarlos importantes para la obtención de reportes de metrados alineados con los requerimientos de los proyectos actuales, respecto a la partida en desarrollo.

#### **D. Objetivos**

El objetivo general del presente manual es crear un estándar de procedimientos para la modelación a través del software Revit, orientado a la obtención de metrados de la especialidad de Arquitectura.

Para esto, se detallarán criterios que permitan una modelación precisa pero no tediosa y diferenciados de acuerdo al nivel de detalle requerido por la fase del proyecto y el cliente; se enlistarán parámetros y nomenclaturas que permitan lograr modelos homólogos de la partida de arquitectura, estructuras y MEP, de manera que puedan ser entendidos de la misma manera por cualquier usuario; y finalmente se presentará un esquema para el reporte de los metrados, aclarando las limitaciones y usos del mismo.

#### **E. Alcance**

El presente manual, dentro de todos los beneficios ofrecidos por la metodología BIM, se centra principalmente en detallar los criterios base para la obtención de metrados de la especialidad de Arquitectura, a través de la herramienta Autodesk Revit. Estos criterios son procedimientos que ha adoptado dentro de la amplia información existente acerca del modelado en Revit, por considerarlos importantes para la obtención de reportes de metrados alineados con los requerimientos de los proyectos actuales, respecto a la partida en cuestión

#### **F. Modelo Integrado**

El modelo final de un proyecto se logra a través de la creación de modelos de cada especialidad involucrada (IIEE, IISS, IIMM, HVAC, ACI, etc.). Estos modelos independientes deben ser creados de manera que garanticen un buen acoplamiento entre sí. El modelo de arquitectura es referencia base para los demás modelos en los siguientes aspectos:

- **Niveles y grilla**

Los niveles que todo modelo del proyecto usará, serán los establecidos por la especialidad de arquitectura, que marca las cotas de piso terminado de cada planta. Únicamente el modelo de estructuras se modela a nivel de piso sin acabado.

- **Arquitectura vs. Estructuras**

El modelo de arquitectura debe coincidir con el modelo de estructuras en cuanto a la definición de los ejes estructurales en planta.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

- **Arquitectura vs. Instalaciones**

El modelo de arquitectura debe realizarse, tomando en consideración las aberturas o concavidades que las instalaciones y equipos mecánicos necesitan para su colocación y correcto funcionamiento.

**G. Configuración de plantilla**

Con la finalidad de alcanzar los objetivos de este documento, surge la necesidad de crear ciertos parámetros compartidos, donde ellos nos ayudaran a presentar un trabajo más ordenado y entendible.

**H. Parámetros del Proyecto**

- **Parámetro “Nivel del Elemento”**

Es necesario asignar dicho parámetro para identificar cada elemento con su respectivo nivel.

Del mismo modo, se recomienda asignar al final del modelado del proyecto, mediante la selección en conjunto de los elementos.

- **Parámetro “Descripción de Partida”**

Dicho parámetro ayudará a darle una descripción adicional a los elementos cuando se vea la necesidad.

- **Parámetro “Fase Constructiva”**

Fase	Constructiva
Concreto	Columna

**Tabla 4.** Parámetro de la Fase Constructiva. Fuente: Propia

- **Parámetro “Sector”**

Dicho parámetro se utilizará cuando el proyecto se tenga que medir y cuando el proyecto se encuentre en obra (ejecutándose), y haya que realizar el cronograma de trabajo junto al equipo de Oficina Técnica del proyecto.

- **Project Browser / Proyecto Buscador**

Para un correcto modelamiento y orden con respecto a la asignación de categorías y subcategorías dentro del Project browser, se tiene que tener en cuenta que el Project Browser estará dividido en dos partes: Vista de Trabajo y Vista de Presentación o Publicación, en la cual en la vista Trabajo estarán todos los planos insertados o diseñados de acuerdo a la especialidad y en la Vista de Presentación o Publicación solo estarán los planos que serán ingresados a las Láminas o Sheet, asimismo dentro de la Vista de Trabajo, estará subdividido

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

en Plantas de Arquitectura, Detalles, Cortes o Elevaciones, Interiorismo, Paisajismo, etc., teniendo en cuenta el desagregado del log de planos o el requerimiento del cliente.

### I. Tipos de Material

Con el fin de minimizar el tiempo en la asignación del tipo de acabado a cada elemento, se recomienda realizar dicha acción al final del modelado del proyecto; mediante la selección en conjunto de los elementos.

### J. Criterios de modelado

Debido a los diferentes criterios para modelar un elemento estructural en la herramienta Revit, a continuación, establecemos las pautas a considerar para el desarrollo de modelos 3D, que luego facilitarán el procesamiento y obtención de la información.

#### - Convención nomenclaturas

La nomenclatura de las plantillas, familias, estará sujeta al Estándar del Cliente o en su defecto se podrá el código del Estándar = CCBIM\_XXX

#### - Nivel de detalle

El nivel detalle estará consignado de acuerdo al alcance o TDR del cliente, pudiendo ser desde LOD 200 hasta LOD 500.

#### - Atributos por nivel de detalle

**Tabla 5.** Elementos por nivel de Detalle. Fuente: Propia

ELEMENTOS	NIVEL DE DETALLE
Arquitectura	LOD – 300 a 500
Cielorrasos	LOD – 300 a 500
Columnas	LOD – 300 a 500
Contrazócalos	LOD – 300 a 500
Pisos	LOD – 300 a 500
Puertas	LOD – 300 a 500
Ventanas y Mamparas	LOD – 300 a 500
Muebles	LOD – 300 a 500
Muros de drywall	LOD – 300 a 500
Aparatos sanitarios	LOD – 300 a 500
Estructuras	LOD – 300 a 500
Columnas	LOD – 300 a 500
Vigas	LOD – 300 a 500
Cimentación	LOD – 300 a 500
Losa	LOD – 300 a 500
Placa	LOD – 300 a 500

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

### K. Fachadas y Elevaciones

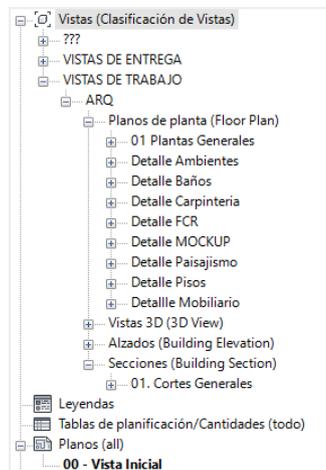
Para el modelado de las fachadas y elevaciones, se tendrá que crear un corte o elevación que permita insertar el bloque de la elevación y empezar el proceso de modelamiento. Para la parte diseño esta deberá contener todo la expresión gráfica del Proyecto y la información técnica correspondiente

### L. Secciones

Para el modelado de los cortes generales y cortes de detalle, se tendrá que crear un corte o elevación con el nombre correspondiente y estar ubicada en la vista correspondiente (Vista de Trabajo o Vista de Publicación o de Presentación), que permita empezar el proceso de modelamiento. Para la parte diseño esta deberá contener todo la expresión gráfica del Proyecto y la información técnica correspondiente

### M. Vistas 3D

Para la creación de Vistas de 3D, para temas de diseño o expresión gráfica se tendrá que tener en cuenta que, se deberá duplica la vista 3D, y colocar de acuerdo a la Vista de Presentación o de Trabajo. Para la parte diseño esta deberá contener todo la expresión gráfica del Proyecto y la información técnica correspondiente.



**Figura XLIII.** Vistas de Trabajo en la Clasificación de Vistas. **Fuente:** Propia

### N. Presentación de Metrado

Una finalidad del modelado de Arquitectura es obtener metrados de cada uno de los modelados, acabados en general y reporte de ambientes. Esto es posible con herramienta Schedules.

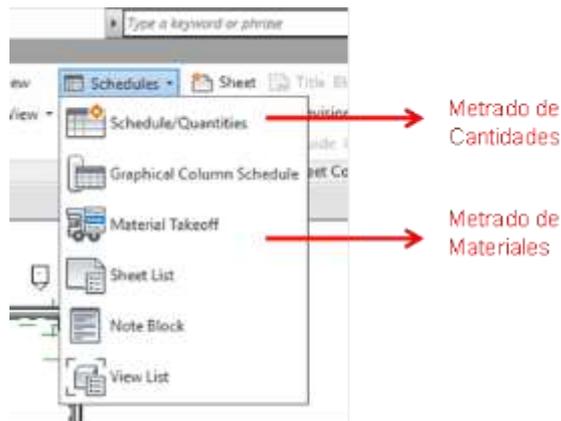
#### Guía para obtener métricas (Schedule / Quantities)

Para iniciar con los metrados debemos realizar los siguientes pasos:

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

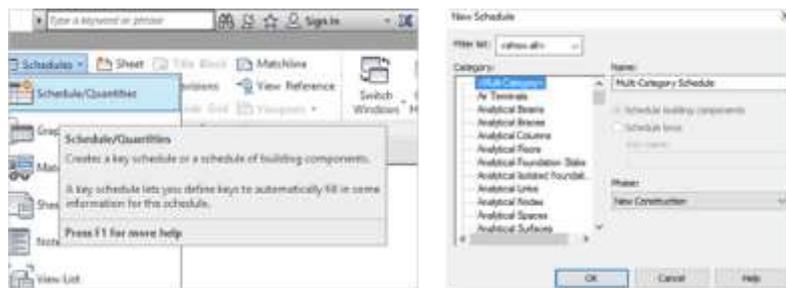
Menú View / create / Schedules, en la ventana desplegable podemos encontrar diferentes formatos de metrado, siendo los más usados: Schedule / Quantities y Material Takeoff

Para concretar la presentación de metrados, se debe tener en cuenta que en el proceso de modelado de Arquitectura, se tiene que ir ingresando los parámetros de Área y Nivel, el cual Área corresponde a Sótanos y Edificio y los parámetros de Nivel corresponde de acuerdo al nivel en el cual se encuentra ubicado el elemento.



**Figura XLIV.** Pasos para obtener metrados del Proyecto. **Fuente:** Propia

Como su nombre lo indica, este tipo de metrado es cuantitativo, su función es medir y contar cada uno de los elementos modelados en el proyecto, como puertas, Ventanas, muros, pisos,

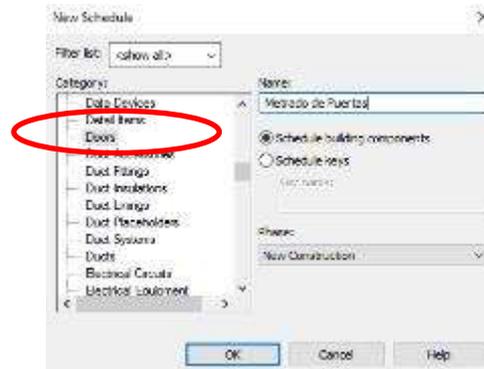


Debemos elegir la categoría a medir y el nombre del mismo

**Figura XLV.** Seleccionamos Schedule del Proyecto. **Fuente:** Propia.

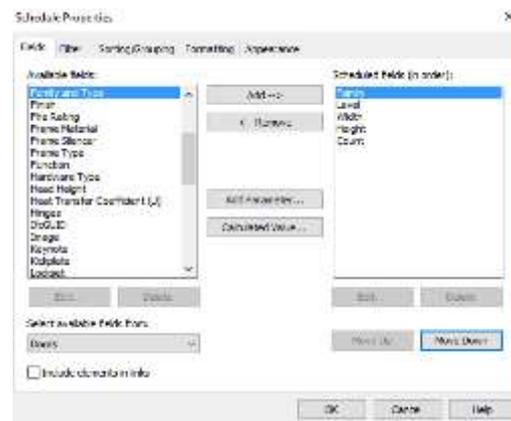
Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Una vez seleccionado la categoría no se podrá editar, y si en caso quisiéramos metrar otro elemento, debemos empezar de nuevo.



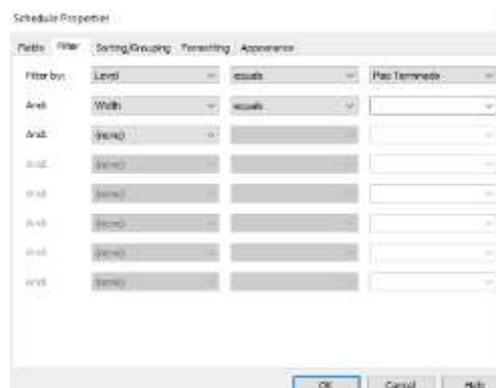
**Figura XLVI.** Escogemos la categoría. **Fuente:** Propia

**FIELDS:** En esta pestaña se debe de elegir todas las propiedades que deseamos metrar del elemento



**Figura XLVII.** Seleccionamos los campos que deseamos metrar. **Fuente:** Propia

**FILTER:** En esta pestaña se puede configurar un filtrado de elementos, tomando como punto de partida algunos de las propiedades. Se puede colar si desea que el filtro sea igual, no igual.



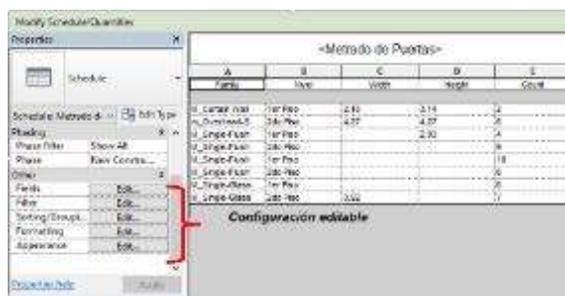
**Figura XLVIII.** Adecuación de filtros. **Fuente:** Propia



Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Dependiendo de los elementos modelados y de la información insertada en ella se podrán reflejar en la tabla.

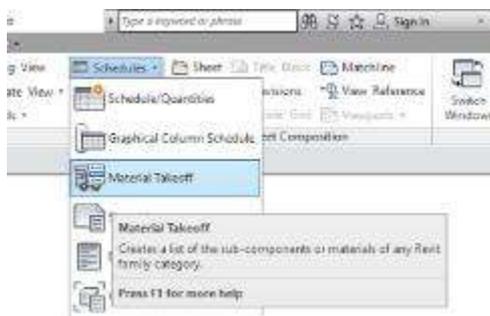
Una vez realizado el metrado, se pueden modificar la configuración hecha, en la paleta de **Properties**.



**Figura LII.** Obtenemos el metrado del Proyecto. **Fuente:** Propia

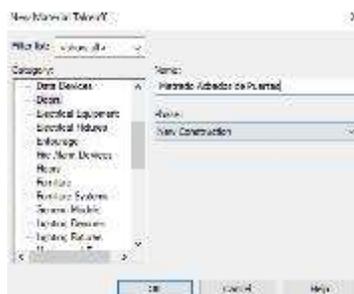
### Material Takeoff

Otro de los intereses del modelo de Arquitectura es obtener el metrado de cada uno de los acabados de los elementos modelados y estos es posible con el *Material Takeoff*, la herramienta que permitira metrar cada una de las capas de acabados realizados en el proyecto.



**Figura LIII.** Pasos para obtener metrados de Material Takeoff. **Fuente:** Propia

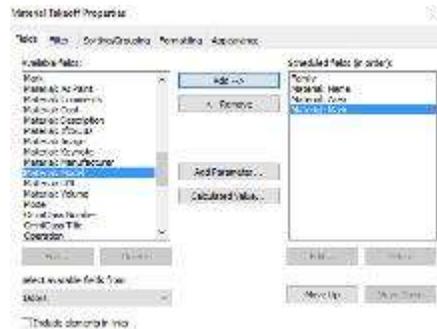
Debemos elegir la categoría y nombrar el metrado. Esta selección no es editable. Si deseo hacer otro metrado tendría que empezar de cero.



**Figura LIV.** Seleccionamos la categoría a metrar. **Fuente:** Propia

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

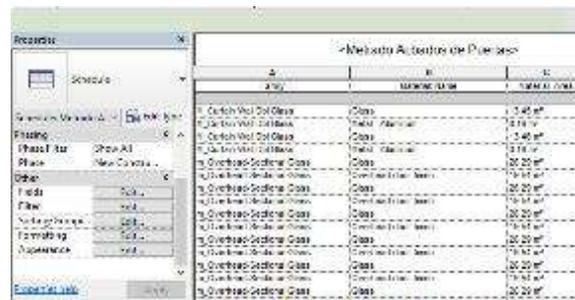
**FIELDS:** En esta pestaña se debe de elegir todas las propiedades que deseamos medir del elemento. Pero debemos seleccionar aquellas que comienzan con el nombre de **Material**



**Figura LV.** Seleccionamos los campos para medir. **Fuente:** Propia

Las demás configuraciones de **Filter, Sorting /Grouping, Formatting y Appearance**, van de acuerdo a lo que queremos obtener del medrado.

La tabla de resultado mostrará cada uno de los materiales usando en el proyecto, así hayna sido tomados de elementos compuestos o individuales.

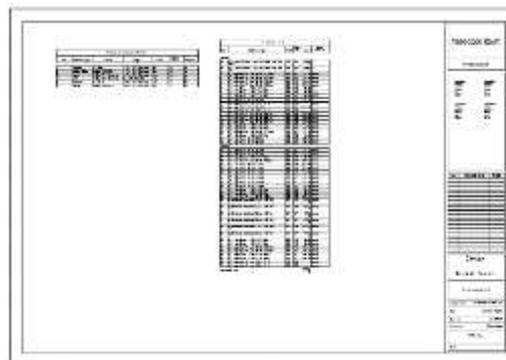


Material	Quantity	Unit
1. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
2. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
3. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
4. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
5. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
6. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
7. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
8. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
9. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
10. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
11. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
12. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
13. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
14. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
15. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
16. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
17. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
18. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
19. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>
20. Concrete Slab	1.40	m <sup>2</sup>

**Figura LVI.** Obtenemos el medrado por material. **Fuente:** Propia

### Insertar las Tablas en Láminas

Para insertar un tabla en un lamina , debo deslizarla hasta la vista Lámina. En ella se podrá seguir editando el formato y si hemos insertado alguna imagen se verá en la lámina.



**Figura LVII.** Insertamos las tablas en las láminas. **Fuente:** Propia

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

#### 4.2. Modelo Tradicional vs Modelo Aplicando la Metodología BIM

Para obtener este resultado comparativo entre ambas metodologías se analizó la siguiente información obtenida del Proyecto estudiado, basado en el análisis de interferencias encontradas en el Proyecto Mall Plaza Bellavista en comparación a otro proyectos desarrollado de la manera tradicional.

Para el desarrollo de la análisis usaremos la herramienta BIM, que el programa Naviswork y su principal atributo que es la detección de interferencias o Clash detection en sus palabras en inglés.

En primer lugar haremos la comparación múltiple entre todas las especialidades que hay en el Proyecto, para luego generarlos en el programa.



Figura LVIII. Análisis de Interferencia en Clash Detection. Fuente: Propia

Establecemos las tolerancia entre interferencias entre especialidades, en nuestro caso hemos escogido y de acuerdo al requerimiento del cliente un margen de 1 cm, para detectar interferencias. Posterior corremos el programa.

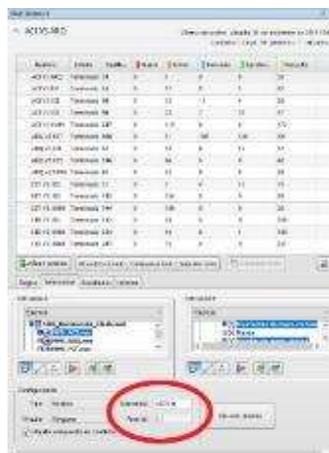


Figura LIX. Asignación de Tolerancia de 0.001m para la detección de Interferencias.

Fuente: Propia

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Teniendo los siguientes resultados, en toda la fase del Proyecto:

Desde la primera fecha de evaluación siendo el día 23/11/2018 hasta el día 20/12/2019

				23/11/2018	27/11/2018	4/12/2018	20/12/2018	3/01/2019	18/01/2019	24/01/2019	1/02/2019	4/02/2019
1	ACI	vs	ARQ	143	147	470	563	660	507	438	630	634
2	ACI	vs	EST	68	55	129	428	428	75	25	58	157
3	ACI	vs	BEE	169	169	48	50	78	37	72	92	93
4	ACI	vs	BSS	104	106	54	72	114	139	127	130	156
5	ACI	vs	HMM	156	156	84	173	397	112	69	192	217
6	ARQ	vs	EST	1275	1178	1730	1815	1030	1730	2729	2071	2623
7	ARQ	vs	BEE	279	286	757	650	701	235	288	491	490
8	ARQ	vs	BSS	274	355	723	526	783	747	586	547	571
9	ARQ	vs	HMM	102	98	419	424	609	600	666	697	792
10	EST	vs	BEE	613	605	577	657	382	60	72	572	365
11	EST	vs	BSS	330	407	605	594	823	635	548	590	593
12	EST	vs	HMM	17	17	56	102	226	228	225	240	205
13	BEE	vs	BSS	62	62	18	39	51	20	38	38	52
14	BEE	vs	HMM	108	108	62	99	131	19	12	22	41
15	BSS	vs	HMM	7	7	50	89	259	180	161	160	164
				5707	3756	5762	6281	7368	5324	6056	6930	7215

				11/01/2019	08/02/2019	12/02/2019	27/02/2019	27/03/2019	20/04/2019	18/05/2019	18/06/2019	27/06/2019	12/07/2019	13/07/2019	24/07/2019	17/08/2019	12/09/2019	03/10/2019	20/10/2019	17/11/2019	20/12/2019	
1	ACI	vs	ARQ	173	164	129	127	636	576	610	674	318	7	7	18	1	1	1	1	1	1	1
2	ACI	vs	EST	35	30	30	30	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91
3	ACI	vs	BEE	175	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174
4	ACI	vs	BSS	97	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
5	ACI	vs	HMM	401	419	409	409	531	480	524	609	607	609	609	609	609	609	609	609	609	609	609
6	ARQ	vs	EST	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
7	ARQ	vs	BEE	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262
8	ARQ	vs	BSS	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308
9	ARQ	vs	HMM	237	1824	1827	237	237	725	708	809	809	809	809	809	809	809	809	809	809	809	809
10	EST	vs	BEE	609	474	549	2002	2071	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272
11	EST	vs	BSS	609	1867	1291	3137	3137	1772	1812	1812	1812	1812	1812	1812	1812	1812	1812	1812	1812	1812	1812
12	EST	vs	HMM	207	425	561	535	641	192	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207
13	BEE	vs	BSS	78	64	123	180	211	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
14	BEE	vs	HMM	72	42	182	199	277	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
15	BSS	vs	HMM	278	518	313	907	698	492	278	278	278	278	278	278	278	278	278	278	278	278	278
				889	2068	2122	2924	2649	1925	3312	3379	3381	3381	3381	3381	3381	3381	3381	3381	3381	3381	3381

Figura LX. Seguimiento de identificación de interferencias en el proceso de acompañamiento.

Fuente: Propia

Y el crecimiento exponencial de interferencias a medida que en el proyecto va aumentando la información técnica.

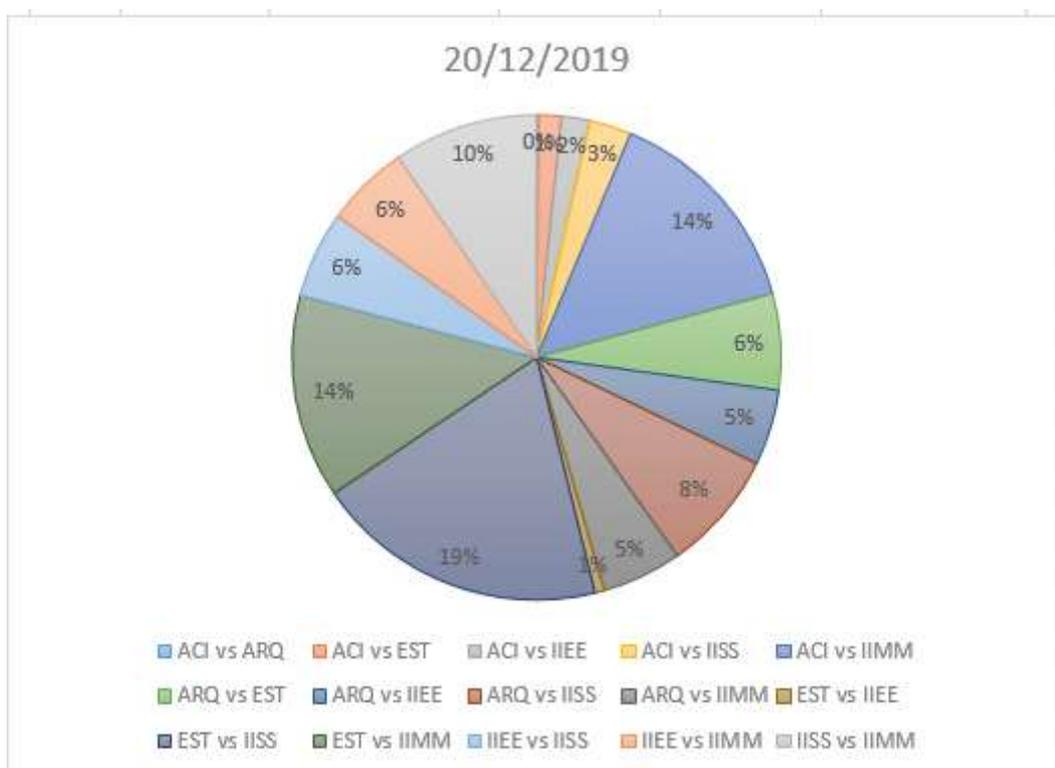
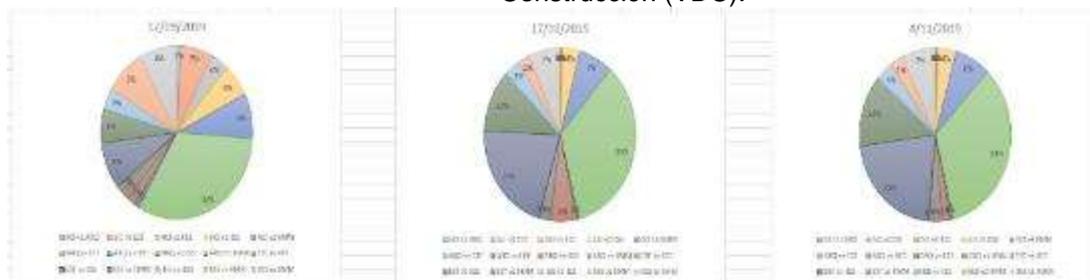
Teniendo estas estadísticas por mes y observación.



Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).



Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).



**Figura LXI.** Estadísticas del Seguimiento de identificación de interferencias en el proceso de acompañamiento. **Fuente:** Propia

En el cual se representaba el porcentaje de incidencia en el proyecto de acuerdo a la interpolación entre especialidades. Haciendo este análisis podemos ver que el índice mayor de incertidumbre se encuentra entre la especialidad de Estructuras con Instalaciones Sanitarias, teniendo el porcentaje mayor de incertidumbre del proyecto.

Ahora comparemos la relación entre un modelo tradicional, en donde la incertidumbre se ve en la ejecución del Proyecto a diferencia en nuestro modelo de trabajo colaborativo, donde nos enfocaremos a ver el proyecto en la fase de diseño y gerencia del Proyecto, antes de la construcción.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Línea de Tiempo

### Proyecto MPC

Duración del Proyecto sigue en construcción e implementación.

En el presente cuadro observamos los meses proyectados del acompañamiento en obra del proyecto que nos servirá para la comparación. Este cuadro está dividido tres columnas que son meses, semanas y cantidad de interferencias encontradas.

Mes	Semanas	Referencia
0	0	0
1	2	5236
	4	15365
2	6	20235
	8	24368
3	10	28586
	12	32433
4	14	38264
	16	40045
5	18	43589
	20	44668
6	22	48456
	24	42541
7	26	31004
	28	27685
8	30	25280
	32	18504
9	34	10201
	36	21608
10	38	985
	40	000

**Figura LXII.** Cuadro de acompañamiento de identificación de interferencias en el proceso de construcción del Proyecto MPC. **Fuente:** Propia

Luego generamos una curva tipo modelo de campa de GAUSS en el cual hacemos referencias entre las columnas de semanas en comparación con la cantidad de interferencias encontradas en el proceso. En donde se puede apreciar que el nivel mayor de incertidumbre del proyecto se dio en la mitad de la ejecución, siendo este el punto más alto y que pudo afectar el proceso constructivo, generando las ampliaciones de plazo que vemos reflejado en la entrega del producto final del proyecto.



**Figura LXIII.** Análisis estadístico de crecimiento de la curva con respecto al tiempo y las interferencias encontradas en el proceso de acompañamiento en obra del Proyecto MPC. **Fuente:** Propia.

Del análisis anterior del Proyecto MPC, se puede determinar que la incertidumbre del proyecto es mayor y se encuentra en proceso de construcción, por ende se puede determinar que va afectar en el proceso de construcción pudiendo generar retrasos a la fecha programada de entrega y posiblemente adicionales de obra.

Además si seguimos observando la curva podemos ver que igual se resuelven pero al costo de adicionales y retrabajos que pudieron resolverse antes de la ejecución y así evitar de repente ampliaciones de plazo y adicionales en obra.

Asimismo el proyecto comparado aun presenta observaciones al final del periodo comparado un aproximado de 985, las cuales pueden ser el problema del porque el retraso en la entrega del producto final.

### **Proyecto MPB**

Duración del Proyecto: en fase de Proyecto aún no se construye, pero se han resuelto la mayoría de observaciones y las observaciones no resueltas se encuentran debidamente mapeadas.

Hacemos nuevamente el procedimiento antes mencionado, en el cual referenciamos el tiempo de acompañamiento del proyecto, con respecto a las semanas evaluadas y a la cantidad de interferencias encontradas. Este proceso se desarrolló por cada quincena para ir evaluando el desempeño del proyecto con respecto al levantamiento de observaciones y como se puede observar el proyecto viene generando mayor cantidad de observaciones con respecto esto también debido a que hubo mayor cantidad de observaciones. En la Semana 22, donde podemos identificar un síntoma que la curva tiende a descender, viendo que en la semana 30 se encuentra el mayor ratio con respecto a la reducción de interferencias. Llegando al final, teniendo únicamente solo 795 interferencias encontradas y no resueltas, las cuales se indicaron que se verían en obra.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Mes	Nro.	Semanas	Bellavista
	0	0	0
Noviembre	1	S3	3707
	2	S4	3756
Diciembre	3	S1	5762
	5	S3	6281
	7	S1	7368
Enero	9	S3	5324
	10	S4	6056
	11	S1	6930
	12	S2	7215
Febrero	13	S3	8896
	14	S4	15556
	16	S2	21222
Marzo	19	S1	25789
	22	S4	25405
	24	S2	10529
Mayo	26	S4	10312
	29	S3	10770
	30	S4	11291
Junio	32	S2	5172
	34	S4	5689
	35	S1	2530
Agosto	40	S2	2275
Setiembre	43	S1	921
	46	S4	879
FIN	47	FIN	795

**Figura LXIV.** Cuadro de acompañamiento de identificación de interferencias en el proceso de construcción del Proyecto MPB. **Fuente:** Propia



**Figura LXV.** Análisis estadístico de crecimiento de la curva con respecto al tiempo y las interferencias encontradas en el proceso de acompañamiento en obra del Proyecto MPB. **Fuente:** Propia.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Curva de MacLeany, donde se enfoca que el mejor momento para generar ingeniería de valor es en la fase de Proyecto o Diseño. Etapa de Gerencia, donde se puede eliminar o mapear las incertidumbre del proyecto para que estos no se vean reflejado en la etapa de construcción y puedan generar adicionales en tiempo o en construcción.

En tal sentido hacemos la comparación entre los dos proyectos, en los cuales se pueden observar que existen mayor cantidad de interferencias e incertidumbre en el proyecto comparado, a pesar que se encuentra ya en el proceso de construcción, a diferencia del Proyecto estudiado, su incertidumbre es menor y el proyecto aún no se ha construido.



**Figura LXVI.** Comparación del análisis estadístico de crecimiento de la curva con respecto al tiempo y las interferencias encontradas en el proceso de acompañamiento. **Fuente:** Propia.

Donde determinamos que a pesar que el proyecto en mención de referencia tuvo un modelo BIM, en la fase de obra, este no pudo evitar eliminar la incertidumbre del proyecto en esa etapa. En comparación con el proyecto analizado en donde podemos observar que la incertidumbre del proyecto, al final de la semana 48 esta levantada y aun no se construye el modelo el proyecto en mención, habiendo reducido la totalidad casi de incertidumbre y teniendo una visión más clara de lo que se va a venir en la fase de ejecución, a diferencia del método tradicional en donde esperamos recién construir para poder tener una visión más clara.

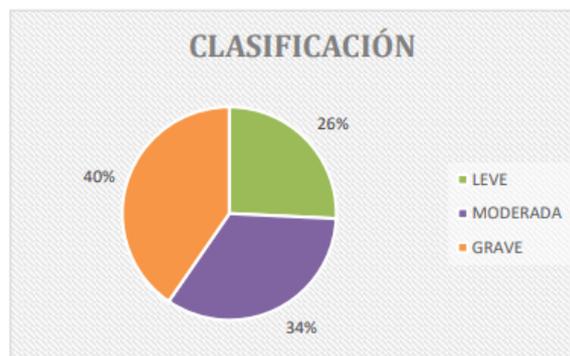
Para este efecto el análisis de la curva de MacLeany cumple su propósito, que es en la fase de diseño en donde se debe aplicar la metodología BIM, para lograr su mayor beneficio.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

También podemos ver que en la fase de diseño el producto inicial BIM, ya tenía mapeadas observaciones e interferencias, reduciendo el alza exponencial a diferencia del otro proyecto donde el alza de observaciones e interferencias se da 5000 a 15000. A diferencia del proyecto estudiado que la curva de crecimiento se viene levantando paulatinamente de 3000 en 3000, pudiendo tener una interfaz de control para el correcto levantamiento de observaciones e interferencias entre todos los involucrados.

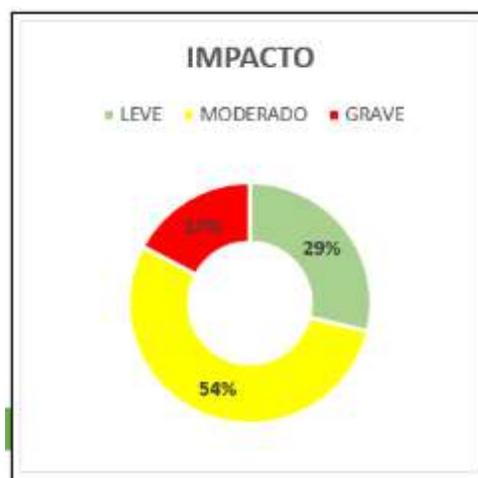
#### 4.3. Relación entre la Campana de Gauss y la relación entre el tiempo y el levantamiento de las observaciones.

En este punto analizaremos las incompatibilidades encontradas en el proyecto, las cuales fueron sustentadas en las sesiones ICE, en su debido momento. Estas observaciones de incompatibilidades eran las que se encontraban al momento de levantar la información de los planos 2d a 3D, las que podían ser:



**Figura LXVII.** Clasificación de Observaciones del Proyecto MPB. **Fuente:** Propia.

Las cuales se clasificaban por su impacto en:



**Figura LXVIII.** Clasificación de Observaciones por Impacto sobre el Proyecto MPB. **Fuente:** Propia.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Por el tipo de Observación:

TIPO DE OBSERVACIÓN
Incompatibilidad
Falta de información
Interferencia
Normativo
Propuesta de mejora

**Figura LXIX.** Clasificación de Observaciones por Tipo de Observación. **Fuente:** Propia.

A continuación se define los estados de las clasificaciones de la siguiente manera:

<b>NUEVA</b>	Observaciones generadas a partir de la última actualización de planos de las especialidades respectivas.
<b>PENDIENTE</b>	Observaciones que no fueron resueltas en los últimos planos.
<b>RESUELTA</b>	Observaciones levantadas con los últimos planos.
<b>PERSISTENTE</b>	Observaciones que fueron resueltas en los planos pero generan una nueva observación.
<b>ANULADA</b>	Observaciones eliminadas por pedido del cliente.
<b>LEVE</b>	Observaciones que pueden ser solucionadas sin perjudicar a otras.
<b>MODERADA</b>	Observaciones que su solución puede perjudicar a otras y/o observaciones leves que son persistentes o pendientes.
<b>GRAVE</b>	Observaciones que repercuten en tiempo y costo dentro de obra y/o observaciones moderadas que son persistentes o pendientes.
<b>INCOMPATIBILIDAD</b>	Observaciones que tienen que ver con la incongruencia de información que se brinda entre una o más especialidades.
<b>FALTA DE INFORMACIÓN</b>	Observaciones generadas debido a falta de detalles para entender mejor el proyecto.
<b>INTERFERENCIA</b>	Observaciones generadas debido a conflicto entre las distintas disciplinas
<b>NORMATIVO</b>	Observaciones que tienen que ver con normativa técnicas que se descubrieron dentro del modelamiento
<b>PROPUESTA DE MEJORA</b>	Sugerencia de posible solución que se les da a los especialistas para resolver una observación dentro del proyecto. Estas posibles soluciones deberán ser validadas por los especialistas responsables.

**Figura LXX.** Definición de Clasificaciones del Reporte de Observaciones. **Fuente:** Propia.

Para que en la Sesión ICE, se presente la observación y los proyectistas actualizaran sus planos respondiendo la observación. Y posteriormente equipo BIM comprobara si la

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

observación estaba levantada de según los acuerdos de la reunión. Los cuales se mapeaban en el reporte de Observaciones en la sección de Acuerdos de Reunión.

Si en caso, no estuviera levantada la observación en planos, se indicaba y anexaba un comentario BIM en el reporte, en el cual se expresaba y detallaba por qué seguía como persistente, debido a que el reporte también servía como acta.



**Figura LXXI.** Reporte de Observaciones. **Fuente:** Propia.

Para obtener este resultado relacionado a la campana de Gauss, basado en la relación entre el tiempo y el levantamiento de observaciones, analizaremos las observaciones encontradas con respecto a incompatibilidades, incongruencias, errores de diseño, y que fueron plasmadas directamente en los reportes de observaciones y sustentadas en las sesiones ICE.

Cabe indicar que en esta evaluación no tenemos tantas observaciones como cuando se analiza con el software Navisworks porque el software no discrimina y procesa la información de una manera automatizada sin hacer comparación técnica y sola compara con los atributos que se le asignen al momento de correr el programa. Por tal motivo, se tenía dos filtros en el proceso de emitir las observaciones y generar el respectivo reporte.

Se hizo una combinación de ambos procesos y se pudo analizar el desempeño del levantamiento de observaciones, con respecto al tiempo, el cual nos dio un resultado. Determinando un punto inflexión en el proceso para culminar con éxito el servicio de modelamiento y compatibilización BIM, durante el periodo y el tiempo acordado bajo el contrato con el cliente.

Este punto de inflexión determinara si el levantamiento de observaciones va a estar dentro de los plazos propuestos del cliente.

En tal efecto las observaciones con respecto a incompatibilidades fueron procesadas y analizadas teniendo el respectivo filtro, del cual se desprende la siguiente información.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Sesión ICE Nro. 01

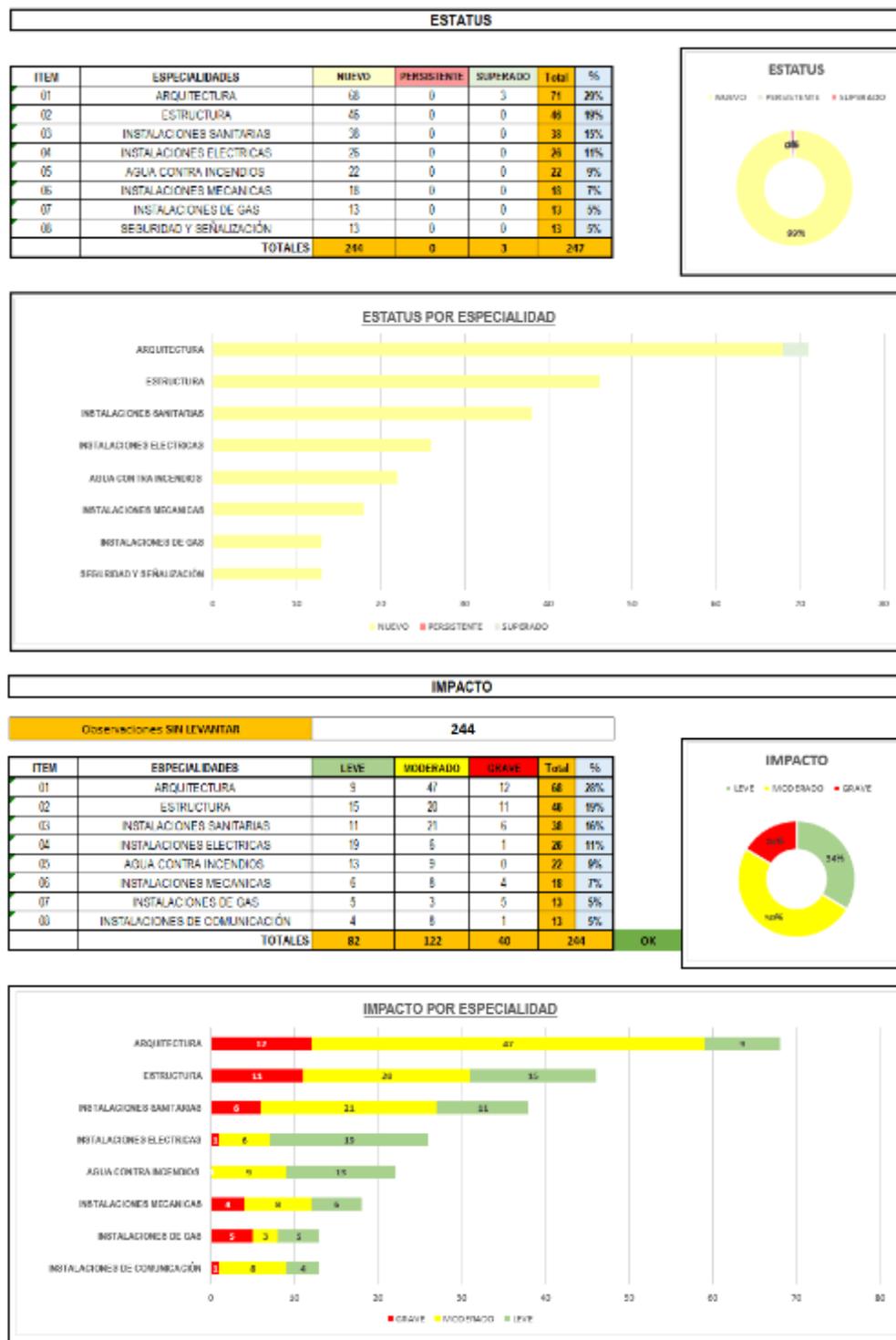
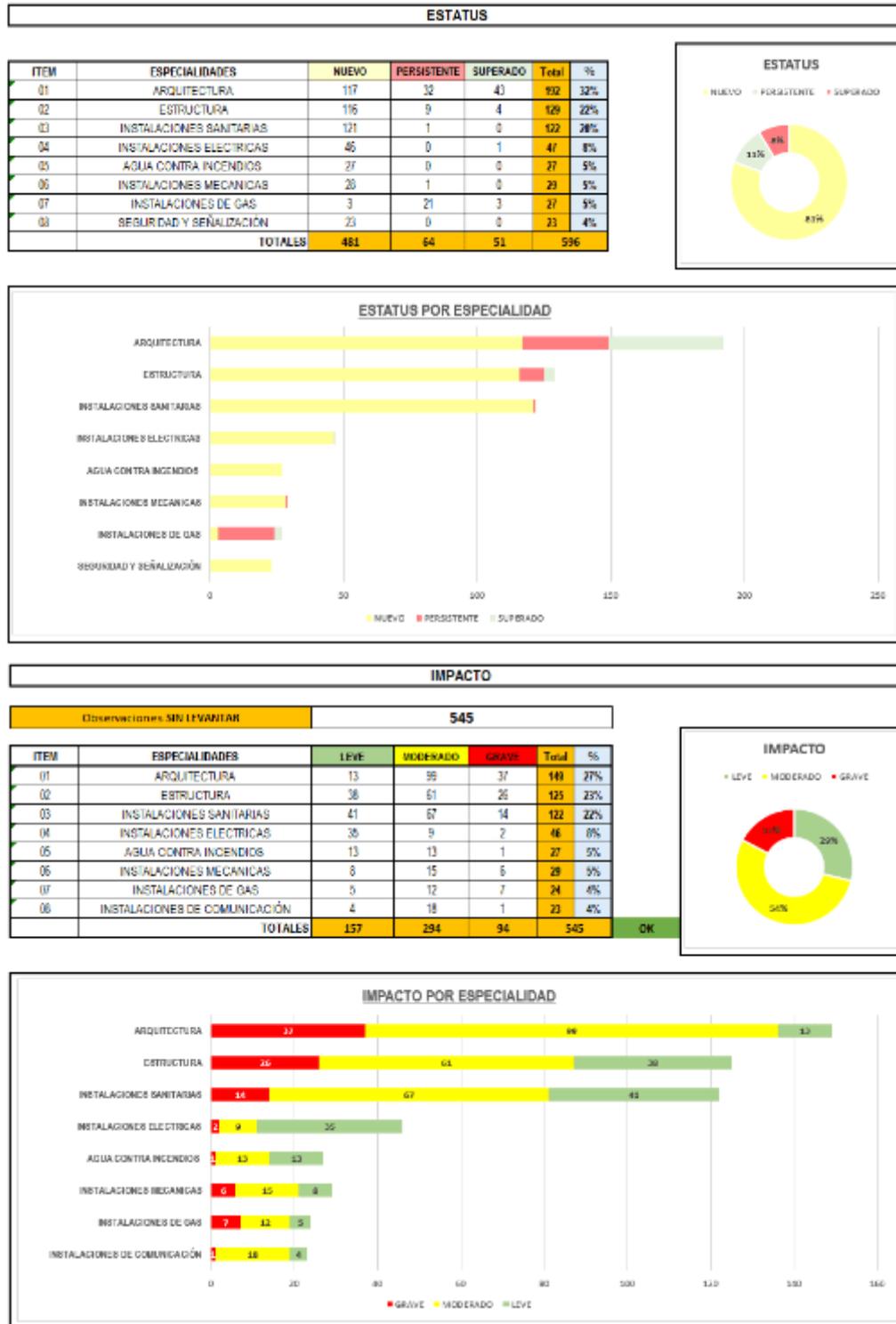


Figura LXXII. Resultados de la Sesión Nro01. Reporte de Observaciones. Fuente: Propia.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Sesión ICE Nro.02



**Figura LXXIII.** Resultados de la Sesión Nro02. Reporte de Observaciones. **Fuente:** Propia.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Sesión ICE Nro. 03

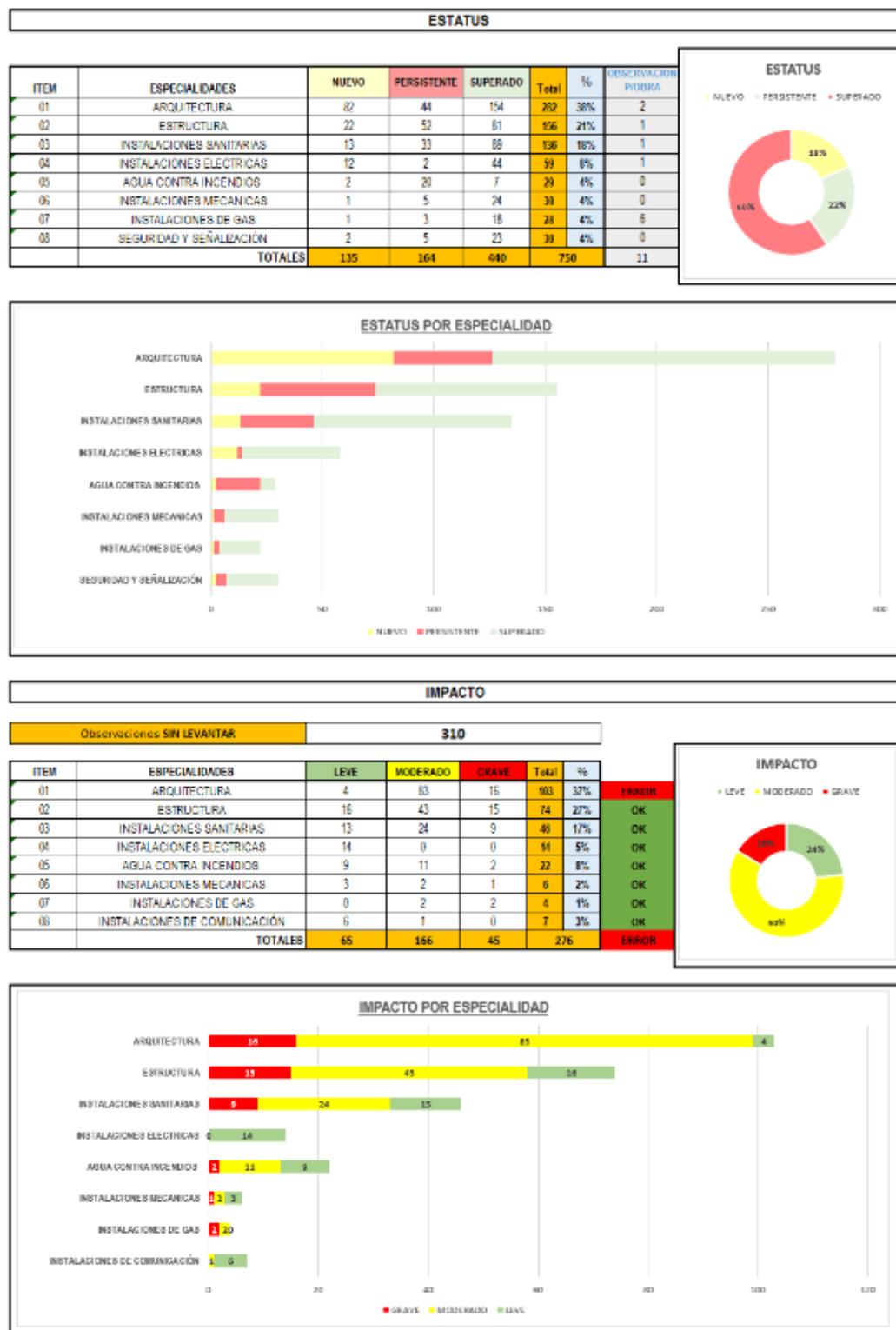


Figura LXXIV. Resultados de la Sesión Nro03. Reporte de Observaciones. Fuente: Propia.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Sesión ICE Nro. 04

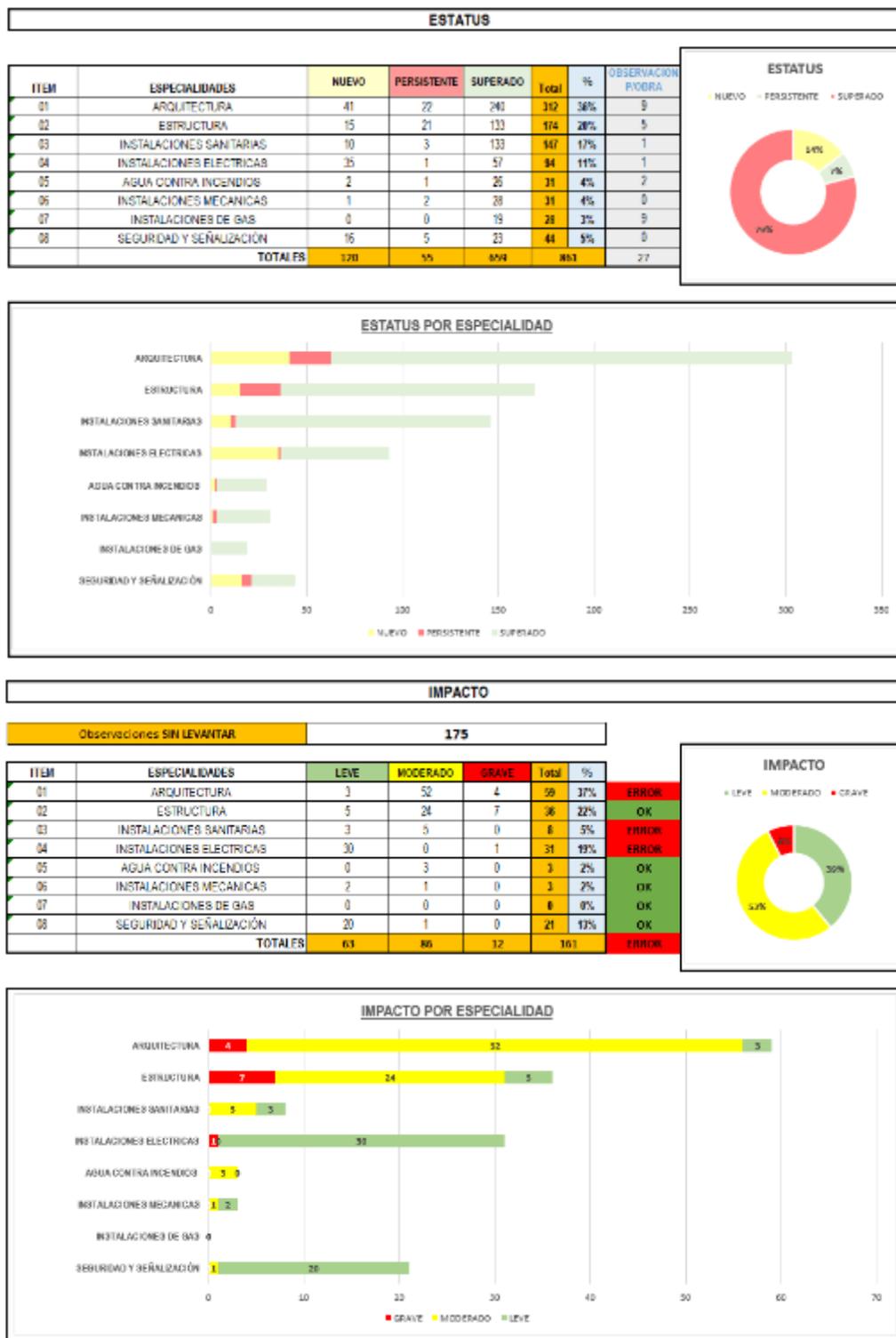


Figura LXXV. Resultados de la Sesión Nro04. Reporte de Observaciones. Fuente: Propia.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Sesión ICE Nro. 05

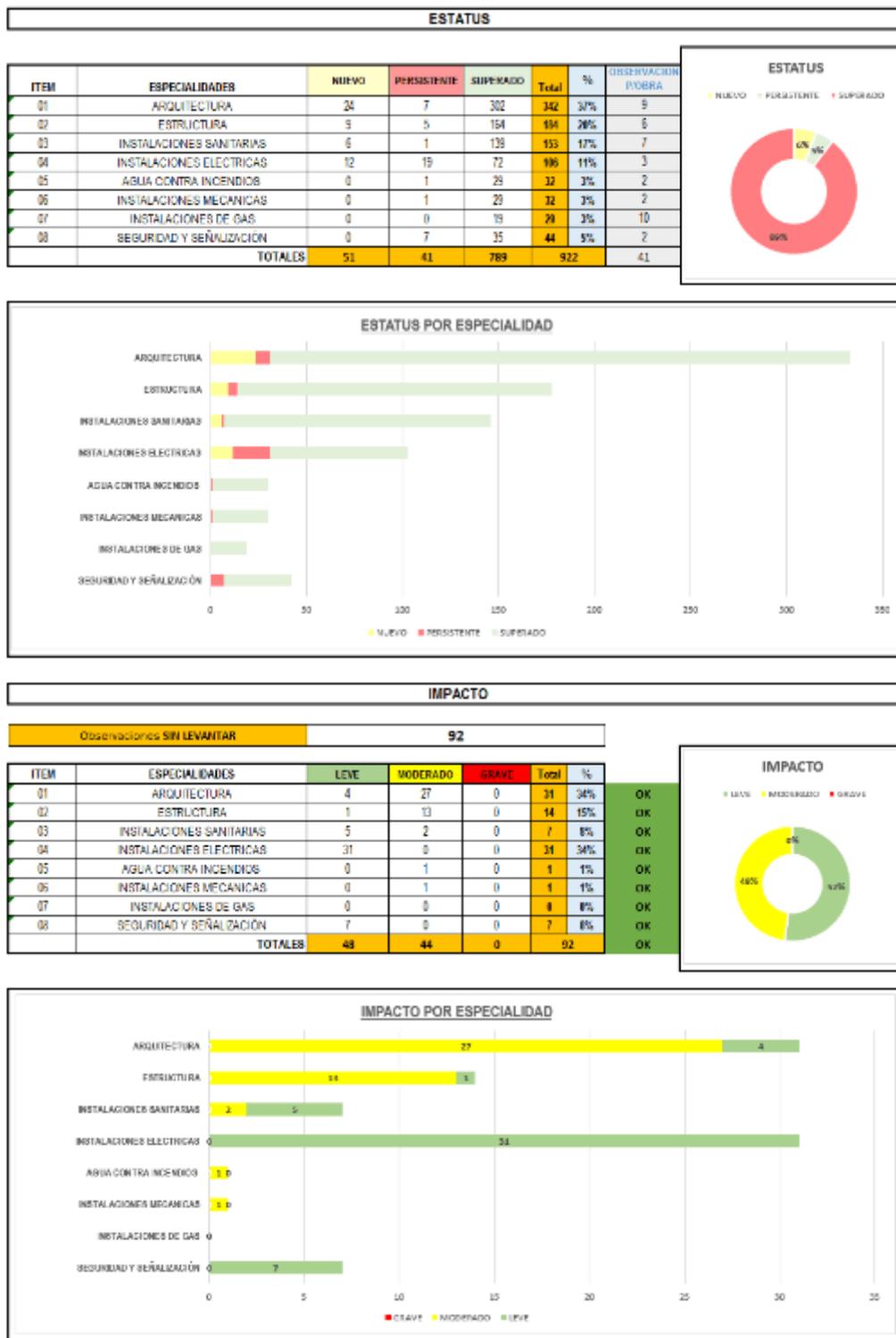


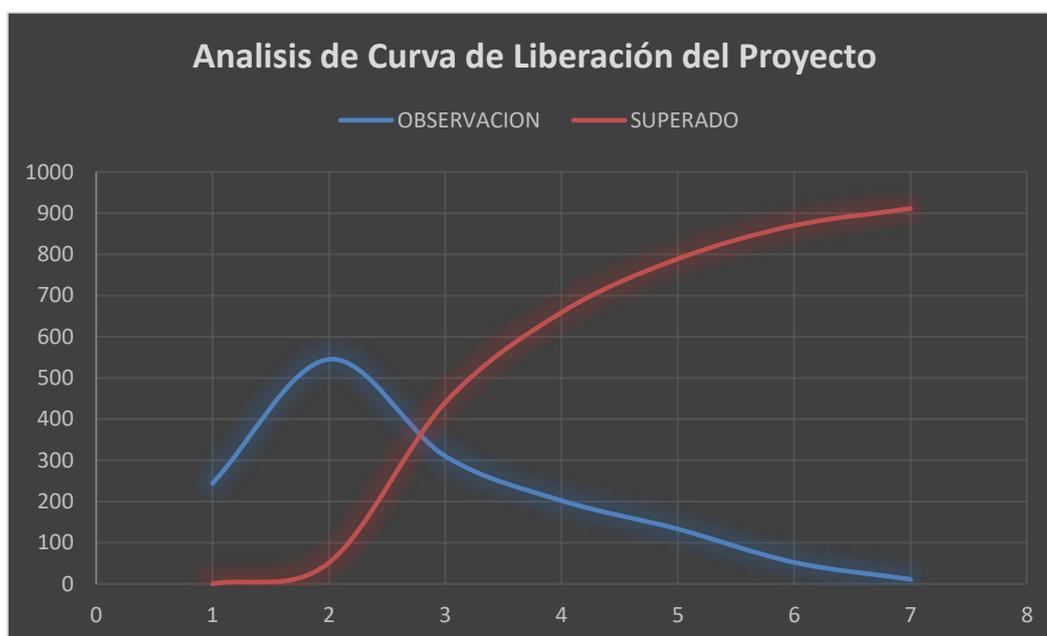
Figura LXXVI. Resultados de la Sesión Nro05. Reporte de Observaciones. Fuente: Propia.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

De la cual se desprende el siguiente comportamiento con respecto a las curvas de crecimiento de acuerdo a la relación con la Campana de Gauss.

Fecha	ICE	OBSERVACION	SUPERADO
29/10/2018	S1	244	0
9/11/2018	S2	545	51
20/11/2018	S3	310	440
27/11/2018	S4	202	659
11/03/2019	S5	133	789
2/04/2019	S6	52	870
15/04/2019	S7	11	911

**Figura LXXVII.** Datos para el análisis de la curva de liberación



**Figura LXXVIII.** Análisis de la curva de liberación, con respecto a la clasificación del Reporte de Observaciones. **Fuente:** Propia.

Podemos determinar que el punto de inflexión se da cuando las curvas chocan entre sí. Determinado un rendimiento de liberación por sesión ICE, aproximada de 86.85%, siendo un porcentaje muy alto de voluntad y participación de todos los integrantes del equipo del Proyecto (Proyectistas, Gerencia, Equipo BIM).

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

RENDIMIENTO DE LIBERACIÓN	
PROMEDIO DE LIBERACION (SUPERADO)	531
VALOR MINIMO DE OBS. LEVANTA QUE NO ES IGUAL a 0	51
% RESTANTE DE LAS OBSERVACION NO LEVANTADAS	9.60%
RENDIMIENTO POR PERIODO DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES (100%-REOB%)	90.40%

**Figura LXXIX.** Rendimiento de Liberación de Observaciones. **Fuente:** Propia.

Este porcentaje de liberación de observaciones se puede comparar el cuadro de evaluación de proyectistas el cual nos da un nivel ACEPTABLE de integración y voluntad de los proyectistas al proyecto, al momento de levantar las observaciones.

Evaluación de Desempeño de Proyectistas										Calificación Final
Criterio de Evaluación										
Especialidad	Observaciones levantadas	Conformidad a la Sección	Colaboración frente al Proyecto	Tiempo de Entrega	Servicio de Asesorías	Calificación	Factor de ponderación	Puntaje		
Arquitectura	2	3	3	3	3	3	0.25	3.5	Aceptable	
Edificación	2	3	3	3	3	3	0.25	3.25	Aceptable	
BSS	3	3	3	3	3	3	0.25	3	Aceptable	
ISE	2	3	3	3	3	3	0.25	3.25	Aceptable	
MEPA	2	3	3	3	3	3	0.25	3.75	Aceptable	
IG	3	3	3	3	3	3	0.25	3.75	Aceptable	
OTI	2	3	3	3	3	3	0.25	3	Aceptable	

**Figura LXXX.** Evaluación de Desempeño de Proyectistas. **Fuente:** Propia.

Asimismo podemos determinar con respecto al análisis de la curva de liberación del proyecto, si el proyecto va a cumplir el objetivo del cliente, el cual requiere que las observaciones sean levantadas y no que resulten persistente a través del tiempo de desarrollo del proyecto. Para evaluar este caso, tenemos que introducir una columna más en el cuadro de análisis, que sería en relación a las observaciones persistente que será una línea creciente y después decreciente, que tiene que tener un punto de inflexión que se encuentre ubicado en la misma ubicación donde la curva de observaciones superadas empieza a levantar y siempre permanecer por debajo de esta, (nuestros punto de inflexión se da en la semana 2).

Para que el proyecto tenga una buena perspectiva con respecto al objetivo del cliente (Levantar todas las observaciones), hay que mantener la curva de persistentes por debajo de la curva de levantamiento de observaciones y observaciones presentadas en las reuniones.

A partir de esta explicación, vamos a poder observar, en el siguiente cuadro, una línea en crecimiento de la observaciones persistentes que se van quedando en el camino y al ir levantando va reduciendo en simultaneo con las observaciones, si en caso fuera que la línea continúe manteniéndose en línea inclinada y creciente va inducir que el proyecto no va a concluir con buenas métricas con respecto al levantamiento de observación con respecto al tiempo de acompañamiento y del servicio BIM.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Fecha	ICE	OBSERVACION	SUPERADO	PERSISTENTES
29/10/2018	S1	244	0	244
9/11/2018	S2	545	51	64
20/11/2018	S3	310	440	165
27/11/2018	S4	202	659	82
11/03/2019	S5	133	789	82
2/04/2019	S6	52	870	41
15/04/2019	S7	11	911	11

**Figura LXXXI.** Anexo de columnas de observaciones Persistentes. **Fuente:** Propia.



**Figura LXXXII.** Análisis de Persistencia al Levantamiento de Observaciones. **Fuente:** Propia.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

## V. CONCLUSIONES

- **C.1.** La implementación de estándares dentro de una empresa son importantes y sirven como lineamientos y guías para seguir y trabajar correctamente cuando se tiene en frente una nueva metodología de trabajo, ya que permite tener conocimiento de lo que se va hacer, para que se va hacer y que se quiere obtener a fin de cumplir con el objetivo del proyecto.
- **C.1.** La metodología VDC/ BIM, es una nueva forma de trabajo colaborativo que permite integrar nuevos flujos de trabajo mucho más rápidos y fluidos, a partir de información obtenida de los modelos BIM y centralizado en las sesiones ICE, para luego obtener métricas que ayuden a la mejora del proyecto y a la eliminación de la incertidumbre del proyecto.
- **C.3.** La interoperabilidad entre ambas metodología VDC y BIM, tienen fundamentos estrictos que permiten concluir que ambas formas de trabajo colaborativo son fundamentales y complementarias para que una exista debe existir la otra. A base de esta premisa se desprende el siguiente cuadro comparativo entre ambas metodologías:

**Tabla 6.** Tabla de comparación entre la metodología BIM y Metodología VDC

Fuente: Propia

<b>Metodología BIM</b>	<b>Metodología VDC</b>
Enfocados en los alcances del cliente y objetivos del proyecto, basado en los TDR, EIR.	Enfocadas en los objetivos del cliente y objetivos del proyecto, que están vertidos en el TDR o EIR
Usan software BIM de autoría y tecnología propia e inherente a la metodología.	Necesitan de software BIM para aplicar su metodología VDC.
Absuelven RDI, basado en trabajos colaborativos, mediante medios tecnológicos.	Generan sesiones ICE y resuelven, aprueban y acuerdan cambios en reuniones colaborativas.
Desarrollan modelos BIM construibles y de acuerdo al nivel de detalle o LOD.	Desarrollan modelos BIM construibles y de acuerdo al nivel de detalle o LOD.
Los modelos BIM operan en las 7 dimensiones en el ciclo de vida del proyecto.	El método VDC, integra hasta la fase del diseño virtual de la construcción
Integran la filosofía Lean	Integran la filosofía Lean

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

Generan Métricas, de acuerdo al requerimiento del cliente	Generan Métricas, de acuerdo al requerimiento del cliente. Integra el PPC
---	---

Por lo cual se determina que la metodología VDC, no puede existir sin la implementación de modelos BIM y la metodología BIM no puede existir sin las sesiones ICE, ya que la metodología VDC es la primera que menciona como pieza fundamental la sesión ICE, y la metodología BIM se basa en el trabajo colaborativo basado en el software determinando que se pueden identificar incompatibilidades más rápidos pero no especifica cual es el siguiente paso para absolver estas incongruencias, a diferencia de la metodología VDC, que indica que se estas se pueden absolver y levantar en las sesiones ICE.

Por tal se concluye que ambas metodologías son importantes y cada una aporta un criterio técnico normativo y flujo de trabajo establecido para lograr la optimización de la incertidumbre del proyecto.

- **C.2.** Otra conclusión es que aplicando el método MackLeamy, desarrollando el proyecto aplicando la metodología BIM en la fase de diseño, se logra disminuir la incertidumbre del proyecto sin afectar el plazo de ejecución y reduciendo observaciones e incertidumbre del proyecto a miras a este fase de ejecución, es por este motivo que el Estado Peruano ha adoptado esta metodología de trabajo colaborativo llamada metodología BIM.
- **C.2.** Se puede concluir también a base del análisis de las curvas de liberación que las sesiones ICE, donde involucramos a todos con un mismo objetivo, logran ser efectivas para el levantamiento de observaciones, por ende también se concluye que son fundamentales en un proceso de trabajo aplicando la metodología BIM / VDC.
- **C.2.** Después de analizar la curva de liberación del proyecto estudiado, se puede concluir que el proyecto se encuentra en proceso de levantamiento de observaciones, donde LA CURVA DE OBSERVACIÓN TIENDE A BAJAR Y LA CURVA DE LIBERACIÓN (SUPERADO) TIENDE A SUBIR. Teniendo un rendimiento del 90.40% al levantamiento de observaciones en la Sesión Nro. 03 por parte del equipo del Proyecto. Cabe indicar, que en la Sesión ICE Nro. 2, se ubica la mayor cantidad de observaciones y en la Sesión ICE Nro. 05, se ubica la menor cantidad de observaciones. Además de tener en cuenta que una vez se haya ejecutado el punto de inflexión entre ambas curvas ya no debería tener otro punto de inflexión más, ya que este probaría que el trabajo de colaborativo (Levantar Observaciones) está teniendo un desarrollo inadecuado, pudiendo ser por falta de información del proyecto o por mal proceso de modelado.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

- **C.2.** Se puede concluir que cuando más tiempo pasa en resolver o el punto de cruce entre ambas variables no llegan a combinar en las futuras semanas se puede determinar que van a quedar observaciones pendientes. Hay que tener en cuenta que si el proyecto se arranca desde la fase de cabida se cuenta con menos información que si se arranca desde la fase de Proyecto Municipal.
- **C.2.** Del análisis de ambas curvas de Liberación se puede determinar que mientras el proceso de observación disminuya y la curva de liberación aumente y se llegue a un punto de inflexión por ambas partes, quiere decir que el proyecto va en un proceso de levantamiento de observaciones. Cabe indicar que si anexamos el análisis del desarrollo de las persistentes podemos tener la certeza que el proyecto llegara a un buen puerto con respecto a los objetivos del cliente.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda que cada vez que se trate de implementar una nueva metodología de trabajo en una empresa, primero se deba generar los instructivos necesarios para una correcta implementación y posterior a este se deba capacitar al personal, induciendo de poco a poco a todos los involucrados que participaran en el proyecto.
- Se recomienda en cada proceso de desarrollo del Proyectos BIM se tenga enfocados que los modelos será usados para obra y tiene que ser modelos construibles y ligados a los objetivos del cliente y el proyecto.
- Se recomienda que revisar las observaciones persistentes y solucionarlos antes de llegar a la fase de ejecución del Proyecto.
- Se recomienda tener siempre el análisis de la curva de liberación del proyecto ya que puede servir para identificar a tiempo, problemas netamente que no involucren al proyecto si no los participantes que forman parte del proyecto.
- Se recomienda siempre tener mapeados las observaciones graves que hayan quedado sin resolver, para tenerlas presente al momento de la ejecución.
- Se recomienda aplicar el análisis de curva de liberación para determinar que el proyecto está siguiendo un correcto de desarrollo con respecto al levantamiento de observaciones.

## REFERENCIAS

- A. **ALARCON, MARDONES (2000)**. Improving the Design-Construction interface. Lean Construction. USA.
- B. **AUTODESK INC**. Autodesk BIM Deployment Plan: A Practical framework for Implementing BIM. USA.
- C. What is BIM (2010). Autodesk. Recuperado de [http:// www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)
- D. **AUGI (2013)**. Autodesk University. Recuperado de [au.autodesk.com](http://au.autodesk.com)
- E. **BHATLA, LEITE (2012)**. Integration framework of bim with the last planner system. 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. USA.
- F. **BIM Project Execution Planning Guide**. The Computer Integrated Construction Research Program. 2011. Recuperado de [bim.psu.edu](http://bim.psu.edu).
- G. **BLACKAPPLE (2013)**. Recuperado de <http://www.blackapple.ca/>
- H. **BUILDING SMART**. Recuperado de [www.buildingsmart.org](http://www.buildingsmart.org)
- I. **CIFE**. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University. Recuperado de <http://cife.stanford.edu/>
- J. **COMEXPERU**. Sociedad de Comercio Exterior del Perú. Recuperado de <http://www.comexperu.org.pe/>
- K. **DAWOOD, SIKKA (2007)**. Measuring the effectiveness of 4D planning as a valuable communication tool. University of Teesside. UK.
- L. **ENGINEERING DEPARMENT (2012)**. E/A Design Division BIM Standard Manual. The Port Authority of NY&NJ. USA.
- M. **FISCHER, REED, KHANZODE, BALLARD (2006)**. A Guide to Applying the Principles of Virtual Design & Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process. Stanford University. USA.
- N. **About BIM**. Graphisoft. Recuperado de <http://www.graphisoft.com>
- O. **HENDRICKSON (2000)**. Project Management for Construction – Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects and Builders. Recuperado de <http://pmbook.ce.cmu.edu/>.
- P. **HERNÁNDEZ (2011)**. Procedimiento para la coordinación de especialidades en proyectos con plataforma BIM. Corporación de Desarrollo Tecnológico. Chile.
- Q. **KHANZODE, STAUB-FRENCH (2007)**. 3D and 4D modeling for design and construction coordination: issues and lessons learned. Stanford University. USA.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

- R. **KUNZ, FISCHER (2012)**. Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. Stanford University. USA.
- S. **MALLASI (2004)**. Identification, and visualization of construction activities" workspace conflicts utilizing 4D CAD/VR tools. International Conference e Design in Architecture. Saudi Arabia.
- T. **MALLASI (2004)**. Identification, and visualization of construction activities" workspace conflicts utilizing 4D CAD/VR tools. International Conference e Design in Architecture. Saudi Arabia.
- U. **MARTINEZ (2004)**. Tecnología de la información y herramientas de visualización en la industria de la construcción. El uso de los sistemas 4D en los procesos de integración en construcción. Tesis. Facultad de Ingeniería UPC. Perú.
- V. **McCARTNEY, KIROFF (2011)**. Factors affecting the uptake of BIM in the Auckland architecture, engineering and construction (AEC) industry. Unitec Institute of Technology. New Zealand.
- W. **McGRAW HILL CONSTRUCTION (2013)**. The business value of BIM for construction in major globe markets. Smart Market Report 2012-2013. USA.
- X. **McLEAMY (2010)**. The Future of the Building Industry. Building Smart. USA.
- Y. **McWILIAMS (2014)**. The Legal BIM Frontier. Contracts, execution planning and recent case development. Revit User Group. USA.
- Z. **SONI, YEN, LASKY (2011)**. Caltrans Workflow for Navisworks. Department of Mechanical and Aerospace engineering. USA.
- AA. **SUCCAR (2009)**. The five components of BIM performance Measurement. University of Newcastle. Australia.
- BB. **UNIVERISDAD DE CHILE (2013)**. Encuesta nacional BIM 2013. Recuperado de <http://www.bim.uchilefau.cl>
- CC. **VARGAS (2007)**. Aplicación de herramientas para la visualización y para el flujo de la información en un proyecto de edificación. Ventajas de los sistemas 4D en la construcción de edificios. Tesis. Facultad de Ciencias e Ingeniería. PUCP. Perú.

Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la Metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC).

## ANEXO Nro.1

Carta de Referencia.



Lima, 02 de noviembre del 2020

SRES:  
A quien corresponda

Por medio de la presente; Yo Vanessa Gallegos Paz identificado con DNI 45444853 actualmente laborando en la empresa PMS DESARROLLO INMOBILIARIO S.A.C. con el cargo de Coordinadora de Proyectos; dejo en constancia que la empresa CABACOR INGENIERIA Y ARQUITECTURA S.A.C., con RUC 20601652260 ha realizado servicios de Compatibilización BIM de manera satisfactoria en los siguiente proyectos;

- Mall Plaza Belavista – Etape 1
- Mall Plaza Belavista – Etape 2
- Edificio Multifamiliar MORE Jesús Maria

Asimismo, actualmente viene desarrollando el mismo servicio en los siguientes proyectos:

- Multifamiliar PIURA
- Multifamiliar FAISANES

Damos fe de la calidad y fiel cumplimiento de sus obligaciones.

La presente constancia se expide a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente

Muy atentamente,

  
Arq. Vanessa Gallegos Paz  
Coordinadora de Proyectos

Av. Primavera Nro 939 Of. 401 Urb. Chacarilla del Estanque, San Borja  
(+51-1) 372-8535  
info@pmsproyectos.com.pe  
[www.pmsproyectos.com.pe](http://www.pmsproyectos.com.pe)

## ANEXO Nro.2

Estándar de Flujo de Trabajo BIM (Ver archivo adjunto: Anexo 02\_Standar de Flujo de Trabajo .pdf)

## ANEXO Nro.3

Criterios de Modelado de Estructuras (Ver archivo adjunto: Anexo 03\_Criterios de Modelado de Estructuras .pdf)