

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**MEJORAMIENTO EN LA GESTION DE UN PROYECTO
DURANTE SU EJECUCION, UTILIZANDO EL MODELO BIM**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

BADIN HEISEN MALLQUI SARAVIA

ASESOR

Arq. LILIANA I. ASECICIOS ESPINOZA

LIMA- PERÚ

2018

DEDICATORIA

Esta Tesis se la dedico a mis padres por darme el soporte y el cariño necesario durante todos estos años de largo camino.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi alma mater la Universidad Nacional de Ingeniería, por impartirme en sus aulas la pasión que conlleva la carrera de Ingeniería Civil, a mis padres Badin Mallqui Bardales y Luz Saravia Campos, por el amor y apoyo entregado a lo largo de mi vida, a mi esposa Diana Loayza y a mis Hijos Sebastian y Samantha Mallqui Loayza, por la fuerza que me inspira a seguir dando lo mejor de mí, a mi asesora de tesis la arquitecta Liliana Ascencio por tenerme paciencia durante todo el proceso de elaboración de tesis y en especial a Dios por darme la dicha de vivir a lado de personas tan maravillosas.

ÍNDICE	
RESUMEN	4
ABSTRACT	7
PRÓLOGO	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	16
INTRODUCCIÓN	17
CAPITULO I: GENERALIDADES	18
1.1. EL SECTOR CONSTRUCCIÓN EN LA ACTUALIDAD.	18
1.2. EL ACTUAL MODELO DE NEGOCIO AEC	21
1.2.1 Diseño – Licitación – Construcción.....	23
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	27
1.4. OBJETIVO DE LA TESIS.....	28
1.4.1 Objetivo Principal	28
1.4.2 Objetivos Específicos.....	28
1.5. ORDEN DE LA TESIS.....	29
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	30
2.1. CONCEPTO BIM.	30
2.2. ANTECEDENTES Y CLAVES DEL CONOCIMIENTO ACTUAL.	32
2.2.1 Nacimiento del pensamiento BIM.	33
2.2.2 Primera interfaz gráfica.....	33
2.2.3 Primeras presentaciones.....	34
2.2.4 El modelo de producto de construcción.	35
2.3. LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE – DEL CAD AL BIM.....	35
2.4. TENDENCIAS DEL PROCESO DE PROYECTO DIGITAL ACTUALES.	39
2.4.1 Los sistemas CAD-4D y CAD 5D.....	40
2.5. LA INDUSTRIA AEC.	40
CAPITULO III: DEFICIENCIA DE INFORMACIÓN EN LOS PROYECTOS	43
3.1. INEFICIENCIAS DOCUMENTADAS DE ENFOQUES TRADICIONALES.	47
3.1.1 Estudio CIFE sobre la productividad laboral en la industria de la construcción.	48

3.2.	INDICADORES DE DEFICIENCIA EN EL DISEÑO Y SU DOCUMENTACIÓN.....	52
3.2.1	Indicadores de Eficiencia.....	55
3.2.2	Adquisición de datos.....	58
3.2.3	Análisis de los datos.....	62
CAPITULO IV: PROPUESTA BIM EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.		68
4.1.	LA METODOLOGÍA BIM.....	68
4.1.1	Fase de Conceptualización:.....	71
4.1.2	Fase de Criterios de Diseño:.....	71
4.1.3	Fase de Diseño Detallado:.....	72
4.1.4	Fase de Implementación de Documentos:.....	72
4.1.5	Fase de Revisión de Agentes:.....	72
4.1.6	Fase de Adquisición:.....	72
4.1.7	Fase de Construcción:.....	73
4.1.8	Fase de Liquidación:.....	73
4.1.9	Gestión de las Instalaciones:.....	73
4.2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	74
4.3.	NIVELES DE MADUREZ Y DIMENSIONES BIM.....	75
4.4.	ELEMENTOS DE UN PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO PARA UNA IMPLEMENTACIÓN BIM.....	76
4.4.1	El Comité de Planificación BIM.....	77
4.4.2	Los Elementos de Planificación BIM.....	79
CAPITULO V: IMPLEMENTANDO BIM EN UN PROYECTO		108
5.1.	Fases del BIM en el Proyecto Nueva Sede Institucional del Banco de la Nación.....	110
5.2.	Coordinación Grafica BIM.....	112
5.2.1	Recepción de Antecedentes.....	113
5.2.3	Configuración de la Logística Técnica.....	116
5.2.4	Etapa de Modelación de proyecto BIM.....	119
5.3.	Etapa de Coordinación BIM en obra.....	128
5.3.2	Sesiones ICI (Ingeniería Concurrente Integrada).....	129
5.3.3	Emisión de Planos BIM de Coordinación.....	132
5.4.	El BIM en Campo.....	134

5.5.	Beneficios Calculados.....	141
5.5.1	Beneficios para el propietario.....	141
5.5.2	Beneficios para el contratista general.....	142
5.5.3	Beneficios para los subcontratistas.....	143
5.6.	Usos adicionales del BIM realizadas en obra.....	145
5.6.1	Animaciones para el proceso de instalación del Encofrado Auto- trepante.....	145
5.6.2	Ubicación de pases estructurales y modelado de acero.....	146
5.6.3	Simulación 4D en la coronación del Edificio.....	147
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		150
6.1.	Conclusiones.....	150
6.2.	Recomendaciones.....	151
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		153
ANEXOS		

RESUMEN

El sector continuará en desarrollo este año, ante el impulso de la inversión pública, según Maximixe.

El sector construcción en Perú se desaceleraría este año debido a la crisis global, pero será la actividad que sostendría la economía local con una expansión de 10.4%, afirmó la consultora Maximixe.

En un reporte, la empresa indicó que el “boom constructor” continuará este año por el impulso de la inversión pública como parte de un plan de estímulo anticrisis del Gobierno; y también por los proyectos del sector privado en marcha.

La construcción registró una expansión de 16.5% en el 2008, liderando el crecimiento por sectores del Producto Interno Bruto (PIB) peruano, que se expandió ese año un 9.84%.¹

Como se lee en párrafos anteriores según el informe emitido por el diario gestión y desarrollado por la empresa Maximixe, la industria de la construcción seguirá en constante expansión siendo uno de los principales pilares de nuestra economía.

Sin embargo esta industria es la que menos ha evolucionado en lo que respecta a tecnologías para en manejo de la información concerniente a los proyectos.

En nuestro país como en muchos otros países, el diseño y la construcción de un proyecto se realizan en dos etapas bien diferenciadas y muy poco coordinadas entre sí, esto se da debido a: Bajos niveles de comunicación entre los involucrados, falta del concepto de constructabilidad en la etapa de diseño, falta de herramientas de coordinación y de visualización de los procesos y en general a la costumbre muy arraigada de ir solucionando las cosas conforme se vayan presentando. Todo esto hace que los costos de construcción de aquello que se concibe en los planos, no sea realizado de la forma más óptima posible.

¹ Según el reporte económico: “La construcción sostendrá el crecimiento del Perú” publicado por la encuestadora Maximixe – Agosto 2015

Constructora AESA (2012), en un estudio realizado en diversas obras de esta empresa se identificaron diferentes problemas presentados en la fase diseño-construcción de una de ellas llegando a la conclusión que los más frecuentes eran los relativos a las incompatibilidades entre especialidades provenientes de los problemas en la definición del diseño y que cuantitativamente representaba un 3.88% del presupuesto de obra que traducido a soles sería S/. 1,934,526, casi dos millones de soles en adicionales por deficiencias de información.

Para aliviar estos problemas, se plantea una metodología con procesos y herramientas basados en el uso de modelos tridimensionales BIM-3D que facilitan el proceso de visualización y compatibilización de los documentos de diseño anticipándonos a la construcción real del proyecto, de esta manera el enfoque de esta metodología se centra en la premisa de construir dos veces. Siendo la primera la denominada “construcción virtual”, en donde identificaremos y minimizaremos las deficiencias en los documentos de diseño e ingeniería y la optimizaremos mediante revisiones de constructabilidad, introduciendo en los modelos todos los cambios que sean necesarios. La segunda, la construcción real y definitiva, en donde ya minimizamos las deficiencias de diseño, en donde la contratista podría aumentar esfuerzos en temas de planificación, producción, control y seguridad.

BIM es el acrónimo de Building Information Modeling (modelado de la información del edificio) y se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar.

La tesis presenta el marco teórico acerca de la tecnología BIM y su evolución. Posteriormente, como diagnóstico de la situación actual, se estudiará la implementación BIM realizada durante su etapa de diseño y construcción del proyecto “Nueva Sede Institucional del Banco de la Nación”. Edificio de oficinas de 145m de altura, proyecto emblemático donde se establecieron mecanismos de mejora para la correcta interacción entre todos los involucrados haciendo uso de una correcta gestión BIM, mostrando a detalle los beneficios obtenidos tanto

qualitativos como cuantitativos para cada sector de la obra. Siendo la aplicación de herramientas BIM el punto de partida para posteriores proyectos.

ABSTRACT

The sector will continue in development this year, given the boost of public investment, according to Maximixe.

The construction sector in Peru would slow this year due to the global crisis, but it will be the activity that would sustain the local economy with an expansion of 10.4%, said consultant Maximixe.

In a report, the company indicated that the "boom builder" will continue this year by boosting public investment as part of a government's anti-crisis stimulus plan; And also by the private sector projects in progress.

Construction expanded by 16.5% in 2008, leading Peruvian gross domestic product (GDP) growth, which expanded that year by 9.84%.

As we read in previous paragraphs according to the report issued by the management newspaper and developed by the Maximixe company, the construction industry will continue in constant expansion being one of the main pillars of our economy.

However, this industry is the one that has evolved the least in terms of information management technologies concerning projects.

In our country, as in many other countries, the design and construction of a project are carried out in two stages that are well differentiated and very little coordinated. This is due to: Low levels of communication between stakeholders, lack of constructability In the design stage, lack of coordination tools and visualization of the processes and in general to the very ingrained custom of going solving things as they are presented. All this makes that the costs of construction of what is conceived in the plans, is not realized in the most optimal way possible

Constructora AESA (2012), a study carried out in several works of this company identified different problems presented in the design-construction phase of one of them, concluding that the most frequent were those related to incompatibilities between specialties from the Problems in the definition of the design and that quantitatively represented 3.88% of the budget of work that translated to soles

would be S / . 1,934,526, almost two million soles in additional for deficiencies of information.

In order to alleviate these problems, a methodology with processes and tools based on the use of three-dimensional BIM-3D models is proposed, which facilitates the process of visualization and compatibilization of the design documents, anticipating the actual construction of the project, in this way the This methodology focuses on the premise of building twice. The first is the so-called "virtual construction", where we will identify and minimize the shortcomings in design and engineering documents and optimize it through constructability reviews, introducing all necessary changes to the models. The second, the real and definitive construction, where we already minimize design deficiencies, where the contractor could increase efforts in planning, production, control and security.

BIM is the acronym for Building Information Modeling and refers to the set of work methodologies and tools characterized by the use of information in a coordinated, coherent, computable and continuous way; Using one or more compatible databases that contain all the information regarding the building that is intended to design, build or use.

The thesis presents the theoretical framework about BIM technology and its evolution. Subsequently, as a diagnosis of the current situation, the BIM implementation will be studied during the design and construction phase of the project "New Institutional Headquarters of the Bank of the Nation". 145m high office building, emblematic project where improvement mechanisms were established for the correct interaction between all those involved, making use of a correct BIM management, showing in detail the benefits obtained both qualitative and quantitative for each sector of the work. The application of BIM tools being the starting point for later projects.

PRÓLOGO

La presente tesis titulada “Mejoramiento en la Gestión de un Proyecto durante su ejecución, utilizando el modelo BIM” estudia y analiza el proceso de implementación BIM en un proyecto en ejecución y como su utilización repercute en el cumplimiento de los objetivos contractuales del proyecto. Este trabajo se ha dividido en cuatro grandes grupos el primero de ellos describe previamente los conceptos fundamentales antes de sumergirse en el desarrollo del tema a tratar, el segundo gran grupo redacta las deficiencias a las cuales han estado sometidos los proyectos sin la utilización de la tecnología BIM, se plasma con estadísticas recogidas de proyectos de similar envergadura el modo en que las deficiencias de información impactan tanto en lo económico como plazo, el tercer gran grupo redacta en base a ejemplos y casos de éxito el modo en que otras compañías de diversos países han utilizado los sistemas tecnológicos en sus procesos y los magníficos resultados obtenidos y por último el cuarto gran grupo expone un caso de éxito nacional en la utilización del sistema BIM aplicado a un proyecto emblemático durante su construcción, la manera en que los residentes responsables y los subcontratistas se involucran para hacer más eficientes sus trabajos, ahorrar recursos y sobretodo el cumplimiento del plazo.

El objetivo de esta tesis fue desde el comienzo trazar el camino para una exitosa implementación BIM en proyectos complejos, sabiendo desde un inicio que en su mayoría la bibliografía existente son ejemplos externos basados en realidades externas no existe mucha bibliografía que se acople a la realidad nacional, a los procesos a los diferentes tipos de contratos que se dan en el Perú, razón por la cual es indispensable marcar las directrices que nos encaminen hacia el desarrollo de proyecto de gran calidad y eficiencia

LISTA DE FIGURAS

Figura N°1.1: Aportes de los sectores económicos al crecimiento del PBI, 2004-2013, I-III trimestre 2014	19
Figura N°1.2: PBI Nacional y PBI Construcción 2004 – 2013, I-III trimestre 2014	20
Figura N°1.3: Diagrama conceptual que representa un equipo de proyecto AEC y los límites típicos de organización	22
Figura N°1.4:Diagrama esquemático de los procesos Diseño-Licitación-Construcción, CM en Riesgo y Diseño-Construcción	23
Figura N°1.5: Proceso de desarrollo de proyectos de construcción basados en el sistema Diseño / Licitación / Construcción.....	27
Figura N°2.1: El trabajo en BIM se entiende como colaborativo entre todos los agentes intervinientes en el proceso constructivo.....	31
Figura N°2.2: Demostración del funcionamiento de SketchPad. Fuente: Extraído de un video de 1987 de University Video Communications	34
Figura N°2.3: El Palau San Jordi. Barcelona. Fue construido utilizando herramientas CAD/CAM. Fuente: Tesis doctoral José A. Vázquez Rodríguez.....	37
Figura N°2.4: Esquema secuencial de la construcción de un pilar para entender las cinco dimensiones, Fuente: Vico Software.....	40
Figura N°2.5: Modelo BIM de la zona de la cisterna en la Nueva Sede Institucional del Banco de la Nación	42
Figura N°3. 1: Stonehenge, uno de los símbolos de la civilización humana	43
Figura N°3.2: Desfase Diseño / Construcción	44
Figura N°3.3: Estimación de desperdicios en obras de edificación, Sao Paulo-Brasil. Picchi 1993	45
Figura N°3.4: Clasificación de defectos, Santiago de Chile (Alarcón y Mardones, 1,998)	46
Figura N°3.5: Influencia del diseño en la productividad y el grado de eficiencia de los proyectos (J .Carlos Vázquez, 2,005).....	47
Figura N°3.6: Mayores problemas que ocurren durante una obra debido a un mal diseño del proyecto (J .Carlos Vázquez, 2,005)	47

Figura N°3.7: Los índices de productividad del trabajo para las industrias de la construcción, 1964-2009. Adaptado de la investigación por Paul Teicholz en CIFE	48
Figura N°3.8: Tendencias de los salarios reales de los trabajadores por hora (1.990 dólares) para la fabricación y construcción, desde 1974 hasta 2008.	52
Figura N°3.9: Clasificación RFI Proyecto Torre Begonias	59
Figura N°3.10: Sub-Clasificación de RFI Proyecto Torre Begonias.....	59
Figura N°3.11: Clasificación de RFI del Proyecto Condominio Único.....	60
Figura N°3.12: Sub-Clasificación de RFI Proyecto Condominio Unico	60
Figura N°3.13: Clasificación RFI del Proyecto Mall 28 de Julio	61
Figura N°3.14: Sub-Clasificación RFI del Proyecto Mall 28 de Julio.....	61
Figura N°3.15: Clasificación RFI's Proyecto Centro Comercial San Borja.....	62
Figura N°3.16: Sub-Clasificación de RFI's Proyecto Centro Comercial San Borja	62
Figura N°3.17: Proporción de presupuestos adicionales al presupuesto inicial de los cuatro proyectos en análisis	63
Figura N°3.18: Porcentajes de Tipos de RFI's por Proyecto	64
Figura N°3.19: Numero de RFI por cada mil metros cuadrados construidos.....	65
Figura N°3.20: Índice de tiempo de repuesta vs eficiencia del proyecto.....	67
Figura N°4.1: Construcción no agrícola laboral 1964-2003 (U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, 2014)	68
Figura N°4.2: Representación gráfica de las pérdidas de datos durante el tiempo de vida de un edificio (EASTMAN, C. 2011)	70
Figura N°4.3: Curva de esfuerzo del proceso constructivo (MACLEAMY).....	71
Figura N°4.4: Entrega de proyectos integrada (IPD) (AUTODESK, 2014).....	74
Figura N°4.5: Bew Richards BIM Maturity Model	76
Figura N°4.6: Los elementos de planeamiento BIM	79
Figura N°4.7: Planificación de la Estrategia BIM de la Compañía	83
Figura N°4.8: Usos BIM Nivel Objetivo vs Actual	88
Figura N°4.9: Nivel Actual vs Nivel Objetivo de los Procesos.....	92
Figura N°4.10: Nivel Actual vs Nivel Objetivo de Información	97
Figura N°4.11: Nivel Objetivo vs Nivel Actual Infraestructura BIM.....	103
Figura N°4.12: Nivel Objetivo vs Nivel Actual Personal BIM.....	107

Figura N°5.1: Edificios más altos de Lima-Perú	108
Figura N°5.2: Imagen Renderizada de la Coronación de la Nueva Sede Institucional del Banco de la Nación, Fuente: COSAPI S.A.....	109
Figura N°5.3: Secuencia BIM fase de diseño	111
Figura N°5.4: Portada del Plan de ejecución BIM	112
Figura N°5.5: Estructura de directorio BIM.....	113
Figura N°5.6: Check List de planos entregados	114
Figura N°5.7: Cronograma de Coordinación de reuniones, entregas y respuestas	115
Figura N°5.8: Organigrama del proyecto BIM	115
Figura N°5.9: Iniciando Sesión en la Nube A360	117
Figura N°5.10: Contenido del directorio de la Nube	117
Figura N°5.11: La figura muestra los diferentes sistemas de software utilizados por los miembros del equipo del Banco de la Nación y como se han relacionado mediante el proceso de coordinación BIM	118
Figura N°5.12: Modelos BIM completos de cada una de las especialidades modeladas	120
Figura N°5.13: Asignación de espacio inicial de las instalaciones por encima del falso cielo raso para los sistemas MEP.....	121
Figura N°5.14: Niveles de Detalle en BIM.....	123
Figura N°5.15: Algunas interferencias detectadas y solucionadas	125
Figura N°5.16: Reporte de incompatibilidades detectadas en el proceso BIM .	126
Figura N°5.17: Integración de especialidades, Piso 21 de la nueva sede del banco de la nación.....	127
Figura N°5.18: Integración de Especialidades, Cuarto de Bombas de la nueva sede del banco de la nación	127
Figura N°5.19: Proceso de Coordinación BIM en la Obra Nueva Sede del Banco de la Nación, Cortesía Cosapi Ingeniería y construcción.	128
Figura N°5.20: En la Gran Sala los proyectistas de los diferentes sistemas MEP incluyendo arquitectura y estructura se reúnen con los jefes de las instalaciones del proyecto del Banco de la Nación para establecer los criterios de compatibilización a utilizarse.....	130
Figura N°5.21: En la Gran Sala los proyectistas de los diferentes sistemas MEP incluyendo arquitectura y estructura se reúnen con los jefes de las instalaciones	

del proyecto del Banco de la Nación para establecer los criterios de compatibilización a utilizarse.....	131
Figura N°5.22: Acta de Reunión de las Sesiones ICI, con la firma de los participantes y las conclusiones de los temas tratados	132
Figura N°5.23: Plano BIM de Coordinación del Proyecto Nueva Sede Institucional del Banco de la Nación, Cortesía Cosapi S.A.....	133
Figura N°5.24: Plano BIM de Coordinación mostrando las secciones ubicando altura y la cajetilla con los responsables de cada subcontrata	134
Figura N°5.25: Plano BIM de Coordinación en Campo, Imagen Cortesía de Cosapi S.A.....	135
Figura N°5. 26: El subcontratista eléctrico revisa el modelo BIM antes de ingresar a montar sus instalaciones	135
Figura N°5.27: Imagen donde se muestra al arquitecto de obra dando indicaciones al instalador de drywall usando el modelo BIM con el iPad, Cortesía Cosapi S.A.....	136
Figura N°5.28: Comparando la distancia de la bandeja al piso en el modelo BIM y la medida tomada con el medidor laser. Cortesía Cosapi S.A.....	137
Figura N°5.29: Imágenes donde se muestran algunas no conformidades de BIM, en las imágenes superiores no se ha dejado el espacio entre el ducto y el muro y en las inferiores la soportería del drywal choca con el ducto, Cortesía Cosapi S.A	137
Figura N°5.30: Se muestra las instalaciones montadas en un techo típico según lo planificado en BIM, Cortesía Cosapi S.A.....	138
Figura N°5.31: BIM vs la Realidad, se observan las bandejas montadas tal cual el modelo BIM, Imagen cortesía Cosapi S.A.....	139
Figura N°5.32: Match entre instalaciones compatibilizadas en BIM y las mismas montadas en la realidad tales como Aire acondicionado, desagüe, drenaje, agua, agua helada suministro y retorno, ventilación, data y bandejas eléctricas.....	140
Figura N°5.33: Cantidad de Interferencias detectadas antes de la ejecución por el equipo BIM.....	141
Figura N°5.34: Cantidad de Interferencias detectadas durante la ejecución emitidas sin BIM	142
Figura N°5.35: Horas invertidas usando BIM vs Sin usar BIM.....	144
Figura N°5.36: El encofrado Auto-trepante Doka en la estructura	145

Figura N°5.37: Ubicación de Pases estructurales en vigas de concreto usando el modelo BIM	146
Figura N°5.38: Modelado del Acero de Refuerzo y anclajes de muro cortina para evitar interferencias	146
Figura N°5.39: Secuencia 4D de la Coronación del edificio, desmontaje de protección de fachada y montaje de Helipuerto	147
Figura N°5.40: 4D de la Coronación del Edificio, Colocación de andamios para montaje de Estructura de muro cortina	148
Figura N°5.41: 4D de la Coronación del Edificio, Colocación del muro cortina, montaje de equipos y retiro de torre grúa TC1	148

LISTA DE TABLAS

TABLA N° 1: Lista de Tipo de Clasificación de RFI.....	57
TABLA N° 2: Lista de sub-clasificaciones de causa de RFI.	57
TABLA N° 3: Presupuestos y Montos adicionales de los proyectos en estudio ..	63
TABLA N° 4: Tipo de RFI por proyecto	64
TABLA N° 5: N° de RFI por metro cuadrado construido.....	65
TABLA N° 6: Objetivos planteados en el año 2013 por la empresa COSAPI	81
TABLA N° 7: Perfil organizacional de evaluación BIM del elemento de planificación estrategia	82
TABLA N° 8: Resumen del análisis de planificación estratégica BIM.....	¡Error! Marcador no definido.
TABLA N° 9: Usos BIM en función a las metas organizacionales	84
TABLA N° 10: Perfil del elemento organizacional del Uso BIM	88
TABLA N° 11: Resumen de Usos BIM	88
TABLA N° 12: Perfil de la implementación de procesos BIM en una organización (mayo 2013, Cosapi).....	92
TABLA N° 13: Resumen del elemento de planificación “Proceso”	92
TABLA N° 14: Niveles de desarrollo de un modelo BIM.....	95
TABLA N° 15: Perfil de necesidades de información BIM en una organización (mayo 2013, Cosapi).....	97
TABLA N° 16: Resumen del elemento de planificación “Información”	97
TABLA N° 17: Factores para la selección de software y hardware	98
TABLA N° 18: Perfil de Infraestructura BIM en una organización (mayo 2013, Cosapi)	103
TABLA N° 19: Resumen del elemento de planificación “Infraestructura”.....	103
TABLA N° 20: Desarrollo del Personal BIM en una organización (mayo 2013, Cosapi)	107
TABLA N° 21: Resumen del elemento de planificación “Personal”	107

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

ACI:	Agua Contra Incendio
BIM:	Modelado de información de la Edificación
BIM-3D:	Modelo tridimensional (3D) de la edificación
BIM-4D:	Simulación del proceso constructivo (Modelo 3D + Tiempo)
D/B:	Design/Build (Diseño/Construcción)
D/B/B:	Design/Bid/Build (Diseño/Licitación/Construcción)
DCU:	Design Control Unit
EUA:	Estados Unidos de América
FCR:	Falso Cielo Raso
FP:	Fire Protection (Protección contra incendios)
HVAC:	Heating, Ventilation and Air Conditioner (equivalente a IIMM)
IIMM:	Instalaciones Mecánicas
IIEE:	Instalaciones Eléctricas
IISS:	Instalaciones Sanitarias
MEP:	Mechanical, Electrical and Plumbing (Mecánica, Eléctrica y Plomería)
LCI:	Lean Construction Institute
LPDS:	Lean Project Delivery System (Sistema de Entrega de Proyectos sin Pérdidas)
PDS:	Project Delivery System (Sistema de Entrega de Proyectos)
AEC:	Architecture, Engineering and Construction
RFI:	Request for Information (en español Solicitudes de información o SI)
TIC:	Tecnologías de la Información y Comunicación
ICI:	Ingeniería Concurrente Integrada

INTRODUCCIÓN

La concepción de la idea de esta Tesis parte de la visión de la situación actual de las empresas de ingeniería, arquitectura y construcción, en lo que se refiere a la utilización de software para la generación de documentación en los procesos de edificación.

La situación de crisis actual, acentuada en nuestro sector, hace pensar que es el momento de tomar un cambio en positivo, un cambio que nos permita evolucionar en la forma de trabajo tradicional de nuestro país, y que permita dar un salto cualitativo en los procesos de edificación. Es evidente que antes de la crisis la industria de la construcción no alcanzó la cima de su modernización y automatización de los procesos, así pues, era común ver proyectos en los que los fallos en la representación y ejecución eran comunes. Por otro lado, también cabe resaltar los errores en ejecución de las obras que, si bien se pueden atribuir en ciertos casos a la mala concepción de la obra, en otros muchos podemos atribuirlo a la falta de coordinación entre los distintos agentes intervinientes a lo largo de todo el proyecto. Es muy común en nuestro sector que el proyecto pase de técnico en técnico, a la vez que cada uno implementa su parte de trabajo. Se puede hablar así de una falta de coordinación, que ocasiona en muchos casos errores e interferencias entre los diferentes modelos: el arquitectónico, el de instalaciones, el de estructuras.

Todo esto genera un retraso en la ejecución y, en muchos casos, pérdidas económicas que serían subsanables si el proyecto estuviese bien ensamblado desde un principio.

Para ver cómo solucionar estos problemas, partimos de la hipótesis fundamental de que las herramientas digitales asisten a los técnicos en las tareas mecánicas como la producción de dibujos técnicos, al mismo tiempo que proporcionan un modelo de arquitectura virtual. Esto amplía las posibilidades basadas en procesos BIM en fase conceptual del proyecto, facilitando la toma de decisiones.

En general así nace el concepto de los programas BIM, con la idea de centralizar en una única base datos todo el modelo de información de un edificio y analizar de antemano las posibles colisiones entre ellos. Otra parte fundamental que veremos a lo largo del Trabajo será la incorporación de los conceptos de tiempo (modelo 4D).

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. EL SECTOR CONSTRUCCIÓN EN LA ACTUALIDAD.

En la última década, la economía peruana ha mostrado un contexto favorable al crecer en promedio 6,4% con un nuevo año base de 2007, sustentado en el buen desenvolvimiento de los sectores económicos servicios, comercio y construcción, excepto en el año 2009 donde presentó un crecimiento económico de apenas 1,0% producto de la crisis financiera internacional. En tanto, el crecimiento del PBI en el año 2013 fue de 5,8% explicado por un mayor dinamismo de la demanda interna (7,0%), particularmente de la inversión tanto pública (12,1%) como privada (6,4%)¹. Según actividad económica, los sectores que más aportaron al crecimiento de la producción son servicios, industria y extractiva que en conjunto lograron explicar el 82,2% del PBI nacional. En lo que va del año 2014, el crecimiento del PBI en el primer trimestre (5,1%) fue liderado por los sectores no primarios (5,2%), siendo construcción (5,5%), comercio (5,2%) y servicios (5,8%) los sectores con las mayores tasas de crecimiento. Mientras que, en el segundo trimestre de 2014, el PBI registró un crecimiento de 1,7% impulsado por el dinamismo de los sectores no primarios (3,1%), como consecuencia del aumento en la producción de los sectores comercio (4,4%) y servicios (4,9%); crecimiento que fue contrarrestado por el sector primario el cual registró una reducción en sus niveles de producción de 3,2%. Este último resultado está asociado principalmente a una caída en la producción de los sectores minería metálica (-5,9%) y manufactura primaria (-4,1%)². De la misma manera, en el tercer trimestre de 2014, el PBI mantuvo un crecimiento similar al trimestre anterior (1,8%), que obedeció a un crecimiento del PBI no primario de 2,7% como resultado de una mayor producción en los sectores comercio (4,0%) y servicios (4,2%), contrarrestado por una contracción de la producción del sector primario (-1,8%)³. Ver Figura 1.1

¹ BCRP – Cuadros trimestrales históricos, Cuadro N°2.

² BCRP – Notas de estudios N° 51, 22 de agosto de 2014

³ BCRP - Notas de estudios N° 72, 21 de noviembre del 2014

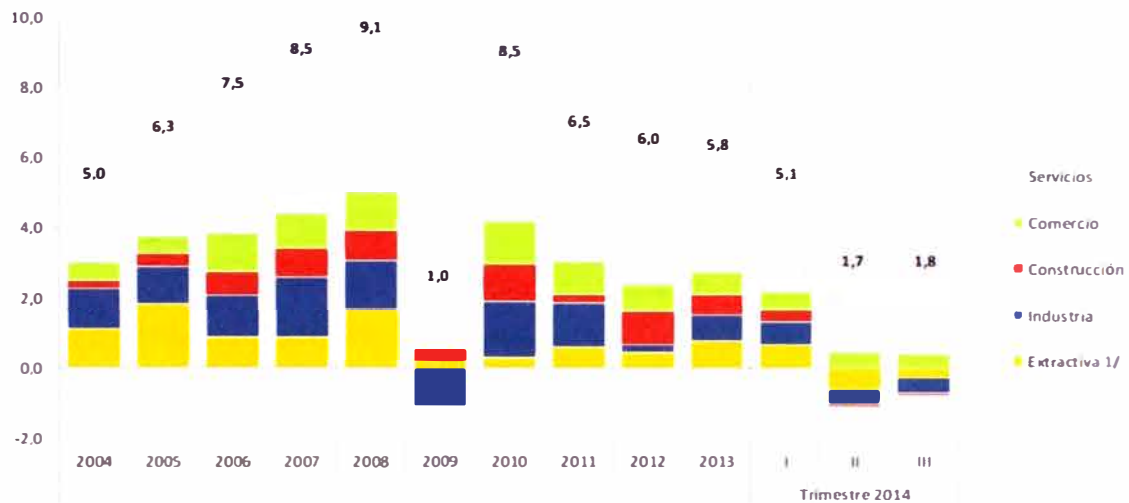


Figura N°1.1: Aportes de los sectores económicos al crecimiento del PBI, 2004-2013, I-III trimestre 2014

^{1/} incluye agricultura, caza, silvicultura, pesca, minería e hidrocarburos

Fuente: BCRP-Series estadísticas.

Elaboración: MTPE-DGPE-Dirección de investigación Socio Económico Laboral (DISEL)

El sector construcción ha registrado un crecimiento altamente correlacionado con el desarrollo de la economía, es decir, a lo largo de los años ambos han presentado patrones de comportamiento muy similares. Además, la producción del sector superó el ritmo de crecimiento de la economía nacional, excepto en el año 2011, a consecuencia de la disminución en el gasto, asociado principalmente al descenso del gasto público orientado a inversiones. Ver Figura 1.2. El sector construcción en el año 2013 creció 8,9% respecto al año anterior, nivel superior al alcanzado por el crecimiento del PBI nacional (5,8%), siendo considerado el segundo sector de mayor expansión y el cuarto de contribución a la economía nacional. Pese a esto el dinamismo del sector presentó una desaceleración a causa de un menor incremento en el consumo interno de cemento y un menor dinamismo de la autoconstrucción⁴. En lo que va del año 2014, la producción en el sector construcción ha venido desacelerándose. Tal es así que, en el primer trimestre de 2014, la actividad del sector construcción se incrementó en 5,5% respecto al mismo periodo del año anterior, nivel escasamente superior al registrado por el PBI nacional (5,1%), favorecido por los

⁴ BCRP – Memorias 2013. Pág. 39

mayores volúmenes de producción del despacho local de cemento, y el avance físico de obras; esta dinámica productiva fue consecuencia de la construcción de obras nuevas, reparaciones, ampliaciones y reformas en viviendas, edificios, entre otras construcciones ejecutadas en el sector público y privado⁵. En el segundo trimestre se registró un crecimiento negativo (-0,6%); como consecuencia de la disminución en obras de inversión pública, atenuado por la obras de inversión privada a raíz del crecimiento del consumo interno de cemento⁶. Ya en el tercer trimestre de 2014, el PBI del sector construcción siguió mostrando una caída en su producción (-1,2%), el cual se explica por una disminución en la ejecución de obras de inversión pública y de inversión privada⁷

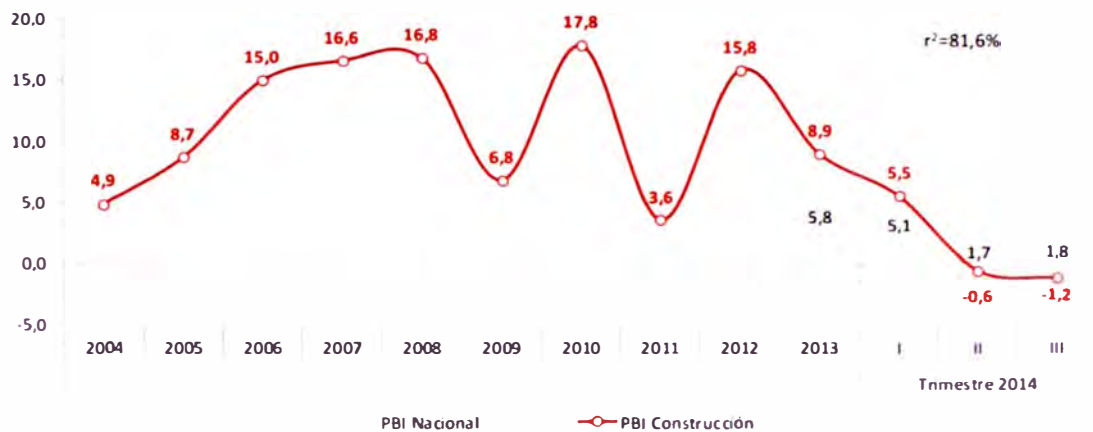


Figura N°1.2: PBI Nacional y PBI Construcción 2004 – 2013, I-III trimestre 2014

Nota: El r2 indica el coeficiente de correlación entre el PBI Nacional y el PBI construcción.

Fuente: BCRP-Series estadísticas.

Elaboración: MTPE-DGPE-Dirección de investigación Socio Económico Laboral (DISEL)

Según lo indicado líneas arriba podemos notar que el PBI Construcción va desacelerándose en lo que va del año debido a factores internos y externos, como consecuencia de ello debemos generar proyectos en los cuales se optimicen los procesos de construcción en todas las áreas, de este modo los sobrecostos se atenuarían y la utilidad que debería generar un proyecto se mantendría intocable. Pero la realidad es otra en la actualidad, aun se sigue construyendo en algunos casos de forma casi artesanal, la industria de la construcción es la que más había crecido en los últimos años sin embargo este crecimiento es inversamente proporcional al uso de la tecnología en sus

⁵ INEI – Comportamiento de la Economía en el Primer Trimestre, 26 mayo 2014. Pág. 15.

⁶ INEI – Comportamiento de la Economía en el Segundo Trimestre, 25 agosto 2014. Pág. 15.

⁷ INEI – Comportamiento de la Economía en el Segundo Trimestre, 25 noviembre 2014. Pág. 15

procesos. Generando re-trabajos, sobrecostos y no cumplimientos del calendario.

1.2. EL ACTUAL MODELO DE NEGOCIO AEC

Actualmente el proceso de entrega de elaboración de los proyectos sigue fragmentado, y depende de los modos de comunicación basados planos. Los errores y omisiones en estos documentos a menudo causan costos no anticipados de campo, retrasos y litigios eventuales entre las distintas partes de un equipo de proyecto. Estos problemas causan fricción, gastos financieros y los retrasos. Los esfuerzos para hacer frente a estos problemas han incluido: estructuras organizativas alternativas tales como el método de diseño y construcción; el uso de la tecnología en tiempo real, tales como sitios web de proyectos para planes y compartir documentos; y la implementación de herramientas de CAD en 3D. Aunque estos métodos han mejorado el intercambio oportuno de información, han hecho poco para reducir la gravedad y frecuencia de los conflictos causados por los documentos en papel o sus equivalentes electrónicos.

Uno de los problemas más comunes asociados con la comunicación basada en 2D durante la fase de diseño es el tiempo y el gasto considerable requerido para generar información de la evaluación crítica sobre un diseño propuesto, incluyendo estimaciones de costos, análisis de uso de la energía, los detalles estructurales, y así sucesivamente. Estos análisis se realizan normalmente pasado, cuando ya es demasiado tarde para hacer cambios importantes. Debido a estas mejoras iterativas no ocurren durante la fase de diseño, ingeniería de valor entonces debe llevarse a cabo para hacer frente a las inconsistencias, que a menudo se traduce en compromisos para el diseño original.

Independientemente del enfoque contractual, ciertas estadísticas son comunes a casi todos los proyectos de gran escala (\$ 10 M o más), incluyendo el número de personas involucradas y la cantidad de información que se genera. Los siguientes datos fue compilada por "MAGED Abdelsayed" de "Tardif, Murray & Associates", una empresa de construcción con sede en Quebec, Canadá (Hendrickson 2003):

- Número de participantes (Empresas): 420 (incluyendo todos los proveedores y sub-contratistas)
- Número de participantes (Personas): 850
- Número de diferentes tipos de documentos generados: 50
- Número de páginas de documentos: 56000
- Número de cajas para mantener los documentos del proyecto: 25
- Número de cajones como gabinetes: 6
- Número de árboles de 20 pulgadas de diámetro, de 20 años de edad, de 50 pies de alto, que se utilizan para generar este volumen de papel: 6
- Número equivalente de Mega Bytes de datos electrónicos para mantener este volumen de trabajo (escaneado): 3.000 MB
- Número equivalente de discos compactos (CD): 6

No es fácil manejar un esfuerzo que involucra un número tan grande de personas y documentos, independientemente del enfoque contractual tomado. Figura 1.3 ilustra los miembros típicos de un equipo de proyecto y sus diversos límites de la organización.

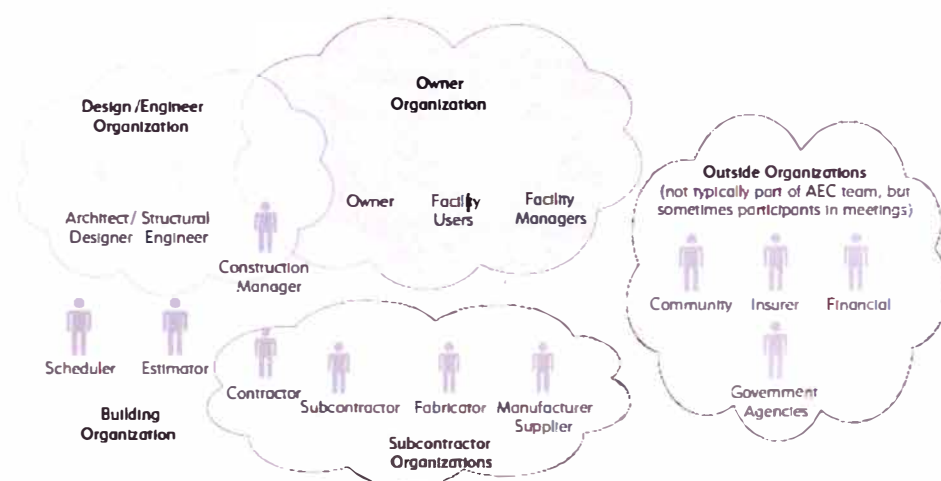


Figura N°1.3: Diagrama conceptual que representa un equipo de proyecto AEC y los límites típicos de organización

Hay tres métodos predominantes de contrato que por lo general son usados:: Diseño- licitación-construcción, diseño y construcción, y Gestión de Construcción en Riesgo. También hay muchas variaciones de estos (Sanvido y Konchar 1999; Warne y Beard 2005). Un cuarto método, muy diferente de los primeros tres, llamado "Entrega Proyecto Integrado" es cada vez más popular entre los propietarios sofisticados de construcción. Estos cuatro enfoques se describen ahora con mayor detalle.

1.2.1. Diseño – Licitación – Construcción

Un porcentaje significativo de los edificios se construyen utilizando el enfoque diseño-licitación-construcción (DLC), (casi el 90 por ciento de los edificios públicos y alrededor del 40 por ciento de los edificios privados en 2002) (DBIA 2007). Los dos principales beneficios de este enfoque son: oferta más competitiva para lograr el precio más bajo posible para un propietario; y menos presión política para seleccionar un contratista determinado. (Esto último es particularmente importante para proyectos públicos.) Figura 1.4 ilustra esquemáticamente el proceso típico de adquisiciones "DLC" en comparación con la Administración de la Construcción típica en Riesgo (CM en Riesgo) y el Diseño-Construcción (DC), (ver Sección 1.2.2)

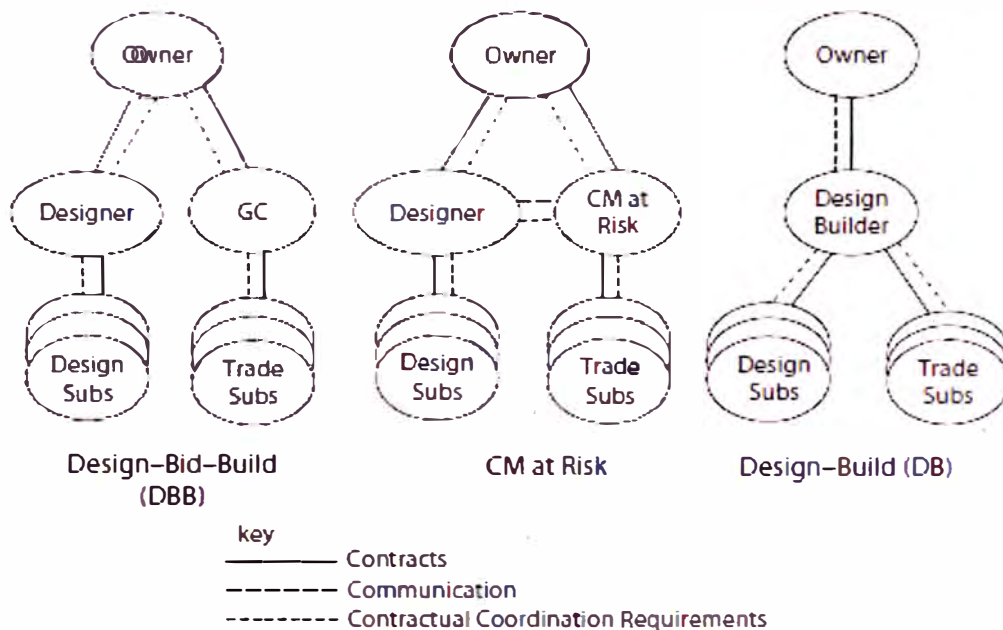


Figura N°1.4: Diagrama esquemático de los procesos Diseño-Licitación-Construcción, CM en Riesgo y Diseño-Construcción

En el modelo de DLC, el cliente (propietario) contrata a un arquitecto, que entonces se desarrolla una lista de requisitos de construcción (un programa) y establece objetivos de diseño del proyecto. El arquitecto procede a través de una serie de fases: diseño esquemático, desarrollo de diseño, y los documentos contractuales. Los documentos finales deben cumplir con el programa y satisfacer los códigos de construcción y zonificación locales. El arquitecto contratara a empleados o un equipo de consultores para que le ayuden en el diseño de componentes estructurales, HVAC, tuberías, y de plomería. Estos diseños se registran en los dibujos (planos, elevaciones, visualizaciones 3D), que luego deben coordinarse para reflejar todos los cambios. El último conjunto de planos y especificaciones debe contener suficiente detalle para facilitar las ofertas de construcción. Debido a la posible responsabilidad, un arquitecto puede optar por incluir menos detalles en los planos o agregar notas indicando por ejemplo “no se puede confiar en la precisión dimensional de los dibujos”. Estas prácticas a menudo conducen a conflictos con el contratista, ya que los errores y omisiones son detectados y la responsabilidad y los costos adicionales reasignados.

La segunda etapa consiste en la obtención de las ofertas de los contratistas generales. El propietario y el arquitecto pueden jugar un papel importante en la determinación de estos. Cada contratista debe enviar un juego de planos y especificaciones que luego se utilizarán para compilar una cantidad de cotizaciones independientes. Estas cantidades, junto con las ofertas de los subcontratistas, se utilizan para determinar su estimación de costos. Los subcontratistas seleccionados por los contratistas deben seguir el mismo proceso para la parte del proyecto en la que están involucrados. Debido al esfuerzo requerido, contratista general y subcontratistas suelen pasar aproximadamente 1 por ciento de sus costos estimados en la compilación de licitaciones.⁸ Si un contratista gana aproximadamente uno de cada 6 a 10 puestos de trabajo en los que licitan, el costo promedio de una licitación exitosa está en el rango del 6 al 10 por ciento de la totalidad del costo del proyecto. Este gasto a continuación se agrega a los gastos generales de los subcontratistas.

⁸ Esto se basa en la experiencia personal de los autores, en el trabajo con la industria de la construcción. Este costo incluye el costo de la obtención de los documentos de licitación, de la coordinación con los proveedores y subcontratistas, y la estimación de costos procesos.

El contratista ganador suele ser el que tiene la oferta más baja, incluyendo trabajo a realizar por él y por los subcontratistas seleccionados. Antes de comenzar el trabajo, a menudo es necesario redibujar algunos de los dibujos para reflejar el proceso de construcción y la eliminación progresiva del trabajo. Son los llamados dibujos generales. Los subcontratistas y fabricantes también deben producir sus propios planos de taller para reflejar los detalles exactos de ciertos elementos, como elementos prefabricados de hormigón, conexiones de acero, detalles de pared, recorridos de tuberías, y similares.

La necesidad de dibujos precisos y completos se extiende a los planos de taller "Shop drawings", ya que estas son las representaciones más detalladas y se utilizan para la fabricación real. Si estos dibujos son inexactos o incompletos, o si se basan en los dibujos que ya contienen errores, inconsistencias u omisiones, entonces surgirán costosos conflictos que consumen mucho tiempo en el campo. Los costos asociados con estos conflictos pueden ser significativos.

Inconsistencia, imprecisión y la incertidumbre en el diseño hacen que sea difícil la prefabricación de materiales. Como resultado, la mayoría de fabricación y construcción deben tener lugar en el lugar y sólo después de que se establezcan las condiciones exactas. El trabajo de la construcción es más costoso, más tiempo, y con tendencia a producir errores que no se producirían si el trabajo se realiza en un ambiente de la fábrica donde los costos son más bajos y el control de calidad es mejor.

A menudo, durante la fase de construcción, se realizan numerosos cambios al diseño como resultado de errores previamente desconocidos y omisiones, alteraciones en el campo no anticipados, los cambios en la disponibilidad de materiales, las preguntas sobre el diseño, las nuevas necesidades de los clientes, y las nuevas tecnologías. Estos deben ser resueltos por el equipo del proyecto. Para cada cambio, se requiere un procedimiento para determinar la causa, asignar responsabilidades, evaluar las implicaciones de tiempo y costo, y abordar cómo se resolverá el problema. Este procedimiento, ya sea iniciada por escrito o con el uso de una herramienta basada en la Web, implica una Solicitud de Información (RFI), que luego debe ser respondida por el arquitecto u otra parte relevante. Segundo, una Orden de Cambio (CO) se emite y todas las partes impactados son notificadas sobre el cambio, que se comunica, junto con

los cambios necesarios en los dibujos. Estos cambios y resoluciones con frecuencia conducen a disputas legales, costos adicionales, y demoras. Algunos Productos Web para la gestión de estas operaciones ayudan al equipo del proyecto a estar al tanto de cada cambio, el problema es que no abordan el origen del problema, que son de beneficio marginal.

También surgen problemas cada vez que un contratista oferta por debajo del costo estimado para ganar el trabajo. A menudo abusa el proceso de cambio para recuperar las pérdidas sufridas por la oferta original. Esto, por supuesto, lleva a más disputas entre el propietario y el equipo del proyecto.

Además, el proceso de DLC requiere que la adquisición de todos los materiales se realice una vez que el propietario haya aprobado las cotizaciones, lo que significa que los largos plazos de entrega pueden extender el cronograma del proyecto. Por esta y otras razones (descritas a continuación), el enfoque DLC menudo lleva más tiempo que el enfoque DC.

La fase final de *"Commissioning"*, tiene lugar después del término de la construcción. Esto implica pruebas de los sistemas del edificio (calefacción, refrigeración, electricidad, plomería, redes contraincendios, etc.) para asegurarse de que funcionan correctamente. Dependiendo de los requisitos del contrato, los *"as-built"* se producen entonces para reflejar todos los cambios conforme a obra, y éstos se entregan al propietario, junto con todos los manuales de los equipos instalados. En este punto, se completa el proceso de DLC.

Debido a que toda la información proporcionada al propietario se transporta en 2D (en papel o archivos electrónicos equivalentes), el propietario debe poner una cantidad considerable de esfuerzo para transmitir toda la información relevante para el equipo de gestión de instalaciones encargado de mantenimiento y funcionamiento del edificio. El proceso es lento, propenso a errores, costoso, y sigue siendo un obstáculo importante.

Como resultado de estos problemas, el enfoque DLC no es probablemente el enfoque más rentable de diseño y construcción. Se han desarrollado otros enfoques para abordar estos problemas.



Figura N°1.5: Proceso de desarrollo de proyectos de construcción basados en el sistema Diseño / Licitación / Construcción

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La justificación del problema que plantea esta tesis radica en la necesidad que existe en la actualidad por el uso de estas metodologías en los diversos proyectos y la escasa información, acorde a nuestra realidad nacional, que podríamos usar como referente en la construcción de estos y de los principales involucrados a los cuales va dirigido

- Está dirigido a los Gerentes de proyecto, Jefes de campo, jefes de producción y jefes de oficina técnica que deseen implementar el sistema BIM en sus proyectos para que con estos nuevos métodos la planificación y el control del mismo sea más fiable y realista.
- También es de interés de los subcontratistas, que pueden coordinar su trabajo con la ayuda de un modelo digital que contiene la construcción virtual de sus especialidades “antes de” a fin evitar consecuencias indeseables en cuanto a tiempo y costo
- Observadores de la industria y reguladores argumentaron que la necesidad de BIM en la industria de la construcción es evidente sin embargo la información cuantitativa demostrando la rentabilidad y los beneficios de las herramientas BIM, no se ha demostrado sustancialmente.

- Existe evidencia limitada que muestra la existencia de marcos teóricos y procedimientos para ayudar a las personas y/o empresas del sector construcción para optimizar los beneficios provocados por la aplicación del BIM y sus herramientas asociadas

1.4. OBJETIVO DE LA TESIS

1.4.1. Objetivo Principal

El objetivo principal de esta tesis es poder estudiar los diferentes aspectos de la tecnología BIM, conocer su impacto, la eficiencia producida y los beneficios para de esta forma definir las directrices para una implementación BIM exitosa en los diversos proyectos

En el transcurso de la investigación estaremos centrados en un proyecto de edificación, **“Nueva Sede Institucional del Banco de la Nación”** de 30 pisos y 4 Sótanos, los objetivos específicos estarán dirigidos hacia este proyecto

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evitar los retrasos en el cronograma para la colocación de las instalaciones detectando las incompatibilidades y problemas de diseño previo a la ejecución de las mismas.
- Utilizar el sistema BIM para poder hacer más eficientes la simulación de los métodos y procesos constructivos,
- Optimizar las coordinaciones con subcontratistas para la instalación de las diversas disciplinas
- Poder determinar cuáles son las limitaciones y causas de las deficiencias de la aplicación del sistema BIM en un proyecto de esta envergadura
- Poder determinar la inversión que implica la aplicación BIM en el proyecto
- Poder determinar los beneficios cualitativos y cuantitativos de la aplicación BIM en este proyecto

1.5. ORDEN DE LA TESIS

Esta tesis está organizada en 5 capítulos, el capítulo 2 se titula “marco teórico” y contiene los conceptos básicos para la comprensión de los siguientes capítulos, conceptos como ¿Qué es BIM?, o ¿Qué es VDC? El capítulo 3 se titula “Deficiencias de información durante la ejecución de un proyecto” y recapitula las diferentes situaciones en las que las deficiencias de información afectan el plazo y el costo de ejecución de un proyecto, también se mostrara un estudio de cómo afecta económicamente dichas deficiencias a un edificio de oficinas de 30 pisos, mostrando el porcentaje de la utilidad del proyecto que es afectado por los errores de diseño descubiertos durante la construcción. El capítulo 4 titulado “implementando BIM en la construcción del Banco de la Nación” relata cómo se pudo organizar el dicho proyecto emblemático y como el BIM cumplió un papel vital en el cumplimiento del plazo de obra y de esta manera poder llevar a cabo la reunión anual del fondo monetario internacional del banco mundial. El capítulo 5 titulado “conclusiones y recomendaciones” trata sobre los beneficios tanto cuantitativos como cualitativos de la aplicación del BIM en tal proyecto emblemático mostrando estadísticas de ahorro en diferentes áreas.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

El objetivo de este capítulo es dar a conocer la información encontrada en la revisión literaria acerca del concepto BIM (Modelado de Información de la Construcción).

2.1. CONCEPTO BIM.

Existen varias definiciones de BIM. Como los límites están cambiando habitualmente, estos se confunden o, por lo menos, quedan mal definidos. Si unimos su rápida expansión, al problema de que la mayoría de la industria AEC todavía no ha adoptado el término, el resultado inicial podría llegar a ser descorazonador.

BIM procede del acrónimo de la frase inglesa 'Building Information Modelling' (modelado de información de la edificación). Se refiere a la creación y el uso de información computable, coordinada y con coherencia acerca de un proyecto de edificio tanto en el diseño como en la construcción.

Podríamos decir que el BIM es una representación digital de características físicas, funcionales, de la creación y del conocimiento compartido de los recursos para obtener información acerca de lo que forma conceptos básicos para los análisis de su ciclo de vida, desde la concepción hasta la demolición.

Simplificando, podemos hablar de que BIM es una metodología de diseño que trata de automatizar el trabajo generado para la producción de planos en 2D y aprovechando las ventajas de modelado en 3D para simulaciones que ayuden a tomar decisiones sobre el proyecto y obra.

Para comprenderlo de forma más práctica, la metodología presenta diversas perspectivas de aprovechamiento. BIM representa:

- Aplicado a un proyecto: BIM representa gestión de la información. Datos aportados coordinados y compartidos por todos los participantes del proyecto. La información correcta, a la persona idónea, en el momento adecuado.
- Para los agentes participantes en el proyecto, BIM representa un proceso interoperable para la entrega de un proyecto y obra, definiendo tanto los

equipos de trabajo individual y como el número de equipos que trabajan juntos.

- Para el equipo de diseño, BIM representa el diseño integrado. Aprovechamiento de las soluciones tecnológicas, fomento de la creatividad, proporcionando más información.

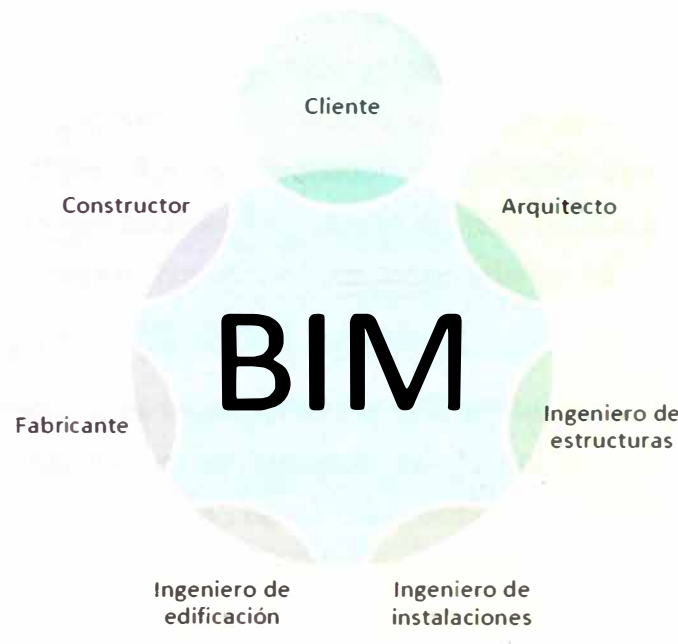


Figura N°2.1: El trabajo en BIM se entiende como colaborativo entre todos los agentes intervinientes en el proceso constructivo.

Conseguir que la información esté coordinada es esencial para que el desarrollo del proyecto pueda llevarse a término por parte de múltiples usuarios, aunque se ocupen de disciplinas diferentes. Así, diversos técnicos podrían trabajar en el mismo proyecto con la seguridad de que la información que uno actualice estará disponible automáticamente para el segundo. Esto es bastante fácil de conseguir con las aplicaciones de CAD convencionales, si se emplean los procedimientos adecuados si hay pocos usuarios, pero empieza a ser complicado en proyectos grandes dónde intervienen muchos estudios profesionales. La diversidad de archivos hace complicada su administración si no se dispone de la ayuda de un software específico que nos asista. Pero todavía resulta más complicada la colaboración entre todo el equipo. Cada uno trabaja con archivos e información

diferentes y su actualización por parte de las dos partes suele hacerse manualmente. Un sistema basado en procesos BIM establece procedimientos dónde estas operaciones se hacen de manera coordinada.

Para BIM los objetos no son representaciones, sino entidades definidas según sus

Características que después se generan y muestran a través de todo tipo de consultas (como plantas, secciones o axonometrías). Por otra parte, para que su modelado resulte controlable y rápido, estos componentes se definen como objetos paramétricos cuyas características y comportamientos vienen más o menos preestablecidos. Así, el diseñador ya no solo representa elementos arquitectónicos sino que además los maneja de acuerdo a sus especificaciones, siguiendo patrones más o menos flexibles, dependiendo de las prestaciones del software y de sus propias habilidades.

Uno de los aspectos más importantes de BIM es la capacidad de cuantificar eficazmente los parámetros no formales de un edificio. Es el caso de las mediciones, pero también de otras cualidades como volúmenes de aire, recorridos de evacuación o consumo energético. En realidad, todo esto representa información contenida en modelos digitales que es posible unificar en mayor o menor grado con el fin de conseguir las prestaciones de coordinación y coherencia anteriormente comentadas. La clave está en comprender que el diseño no se refiere sólo a criterios formales, sino también a otras variables que no son tratables desde el punto de vista de las herramientas de representación tradicionales.

Es importante reseñar que los procesos BIM tienen en cuenta el estudio completo del ciclo de vida de un edificio. Esto incluye la fase de diseño, la de producción y también la de explotación. Así, sus futuros usuarios podrán acceder a información que les será útil para, por ejemplo, planificar el mantenimiento del edificio o para realizar la reparación de una instalación concreta.

2.2. ANTECEDENTES Y CLAVES DEL CONOCIMIENTO ACTUAL.

Aunque el concepto BIM puede parecer coetáneo con nuestra generación, la realidad es que podemos describir su nacimiento en los años 60, después de que un conjunto de circunstancias favoreciesen su evolución.

La introducción de la tecnología informática en el proceso de diseño coincide con la primera fase de los métodos de investigación en estos años, en un intento de utilizar algoritmos matemáticos y matrices para racionalizar el proyecto. Desde entonces la computadora ha influido en la práctica profesional de los diseñadores.

A continuación analizaremos la evolución del proceso de desarrollo e implantación, apoyado en por proyectos, tesis o investigaciones que aunque son pequeños, en realidad nos conducen a la situación actual.

2.2.1. Nacimiento del pensamiento BIM.

Quizá el primero de ellos fue el llevado a cabo por *Douglas C. Engelbart*, que ya en 1962, en los inicios de la computación, nos da una visión extraordinaria del arquitecto del futuro en su escrito '*Augmenting Human Intellect: A conceptual framework*' (Aumentando el intelecto humano: un marco conceptual). Su estudio refiere que:

'...el próximo arquitecto comienza a introducir una serie de especificaciones y datos: un piso de losa de quince centímetros, 30 centímetros de muros de hormigón de dos metros de alto dentro de la excavación, y así sucesivamente. Cuando ha terminado, la escena revisada aparece en la pantalla. Una estructura está tomando forma. Se examina, ajusta... Estas listas crecen a otra cada vez más detallada, la estructura interrelacionada, que representa la maduración del pensamiento detrás del diseño real...'

Engelbart sugiere un diseño basado en objetos, manipulación paramétrica y una base de datos relacional. Ha sido influenciado también por los *Sistemas de Información Geográfica* (SIG). Estos sistemas, que eran los marcos conceptuales, no podrían realizarse sin una interfaz gráfica a través de la que interactuar con un modelo de construcción. Se puede considerar que son las bases conceptuales de los procesos BIM actuales.

Con la incorporación de las computadoras, nacen las primeras investigaciones y propuestas de evolución de los procesos gráficos.

2.2.2. Primera interfaz gráfica.

En 1963, *Ivan Edward Sutherland*, desarrolla 'SketchPad' como asistente de dibujo de una parte de su tesis doctoral titulada '*SketchPad: A man-machine graphical communication system*' (2) (SketchPad: Un sistema de comunicación gráfica hombre-máquina). Este se presenta como uno de los primeros programas informático que permitía la manipulación directa de objetos gráficos, es decir, el primer programa de dibujo por computadora. El Dr. Sutherland diseñó un sistema que permitía a los usuarios dibujar puntos, segmentos de líneas y arcos circulares directamente sobre la pantalla mediante el lápiz de luz. Su trabajo en esta tesis ayudó a establecer las bases del desarrollo de la interfaz gráfica de usuario tal y como la conocemos hoy en día, ya que ha introducido conceptos como la interactividad, el diseño modular y el modelo orientado a objetos, que no influyeron solamente en la arquitectura, sino en la ingeniería en general.

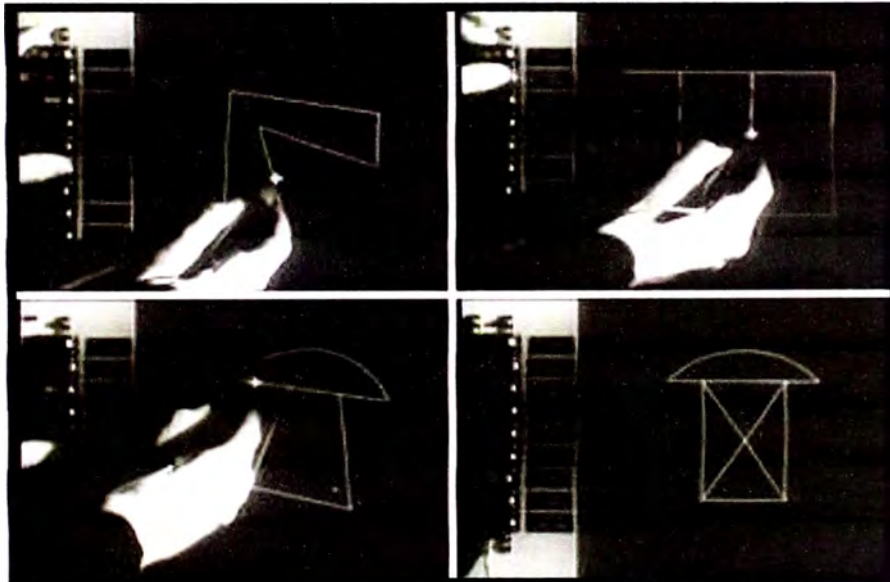


Figura N°2.2: Demostración del funcionamiento de SketchPad. Fuente: Extraído de un video de 1987 de University Video Communications

2.2.3. Primeras presentaciones.

Durante los años 70 y 80 comenzaron a aparecer una serie de métodos para la visualización y el registro de información. Entre los que destaco por su interés:

- La geometría sólida constructiva (CSG).

El sistema de CSG utiliza una serie de formas primitivas que pueden ser o bien sólidas o huecas, de modo que las formas se pueden combinar y se cruzan, se

resta o se combinan para crear la apariencia de formas más complejas. Este desarrollo es especialmente importante en la representación de la arquitectura como penetraciones y sustracciones, son procedimientos comunes en el diseño (ventanas, puertas...)

- La representación de frontera (B-rep o BREP)

Por otro lado, el sistema BREP es un método para representar formas utilizando los límites. Un sólido se representa como una colección de elementos de superficie conectados, el límite entre sólidos y no sólidos.

2.2.4. El modelo de producto de construcción.

De forma paralela, en 1974 *Charles M. Eastman* comienza a hablar del '*modelo de producto de construcción*', un concepto que se ajusta al BIM actual. En su trabajo '*An outline of the building description system*' (Un esbozo del sistema de descripción de la edificación), incorpora las bases de datos como un paso más en la búsqueda de la calidad de los proyectos. Esta forma conceptual de intentar ver los edificios a través de la lente de una base de datos, ha contribuido a la ruptura de la arquitectura en sus elementos constitutivos, lo que exige una taxonomía literal de algunas partes que constituyen los edificios. Fue uno de los primeros proyectos para crear una base de datos de la construcción con éxito y se llamaba *Building Description System* (Sistema de descripción del edificio, o BDS). Fue uno de los primeros software para describir los distintos elementos de la biblioteca que pueden ser recuperados y añadidos a un modelo. Este programa utilizaba una interfaz gráfica de usuario y una base de datos ordenable que permitía al usuario recuperar la información de forma categorizada por atributos, incluyendo el tipo de material y su proveedor.

Eastman afirma que los dibujos para la construcción son ineficientes y causan redundancias de un objeto que se representa en varias escalas. También critica dibujos en papel por su tendencia a empobrecerse con el tiempo y el hecho de no poder representar las reformas. Surge así la noción de la revisión del modelo automatizado para '*verificar la regularidad de diseño*'.

2.3. LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE – DEL CAD AL BIM.

Las TIC⁹ han ido transformando y complementando al proceso clásico de diseño. El CAD ha ido sustituyendo al papel y las maquetas de cartón de finales de los 70, para convertirse en una herramienta fundamental e imprescindible, hasta el punto que todavía hoy en día sigue siendo la herramienta profesional más extendida y conocida en el sector AEC gracias, en parte, al avance y abaratamiento de las computadoras personales.

El CAD se puede combinar con otras tecnologías (como CAM¹⁰) para hacer un desarrollo integral de un proyecto desde su fase de diseño hasta su producción en línea, con lo que consigue un ahorro en el tiempo de desarrollo del proyecto. CAD/CAM se utiliza tanto para el diseño de un producto y para el control de procesos de fabricación. Las geometrías en el dibujo CAD se utilizan por parte del programa CAM para controlar una máquina que crea la forma exacta que fue dibujada.

Según explica el Dr. Vázquez Rodríguez.

'[...] La incorporación integral de los procesos informáticos al diseño y fabricación [...] rompe con los límites formales de las estructuras posibilitando la concepción y construcción de tipologías irrealizables tan sólo hace unos años.

El estadio de Split en Croacia, constituye probablemente el primer ejemplo de importancia en la aplicación del CAD a esta tipología. El Palau San Jordi del arquitecto Arata Isozaki muestra la máxima expresión del empleo del CAD, CAM y CNC⁴, en todo el proceso de definición geométrica, cálculo y construcción de una malla espacial.'

⁹ TIC – Se conoce así a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (según sus siglas), y va intrínsecamente asociado con el concepto de tecnología informática. Se puede entender como el conjunto de recursos, procedimientos y técnicas usadas en el procesamiento, almacenamiento y transmisión de información de forma digitalizada.

¹⁰ CAM – Computer Aided Manufacture - Fabricación asistida por ordenador



Figura N°2.3: El Palau San Jordi. Barcelona. Fue construido utilizando herramientas CAD/CAM.

Fuente: Tesis doctoral José A. Vázquez Rodríguez

Siguiendo el informe 'The effects of information and communication technology (ICT) on architectural profession' (Los efectos de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en la profesión de la arquitectura) de los arquitectos Hannu Penttilä y Tor-Ulf Weck para la Universidad de Tecnología de Helsinki (HUT):

La implantación BIM se puede dividir en tres etapas

- La primera es la etapa de 1980 a 1985, que representa los últimos días de los proyectos hechos a mano, se inicia la adopción de los sistemas CAD. Se caracteriza por la producción de los proyectos en papel vegetal, las reuniones presenciales y los documentos enviados por correo o con mensajeros.
- Entre 1993 y 1998, los profesionales consolidan la sustitución de la mesa de dibujo por el uso de programas CAD, que se convierten en una realidad irrefutable e irreversible impulsada, principalmente, por la popularización de los ordenadores y las impresoras. Además de contar la facilidad causada por la similitud conceptual entre el método tradicional y los programas de CAD. Reflejado, también, en la rutina operacional que los proyectos presentan en los estudios. Los proyectos aún se envían en soporte papel por correo o mensajeros, pero las copias de los diseños fueron reemplazados por el trazado o la impresión. Esta situación se ha visto reforzada por los problemas causados por la, todavía incipiente, Internet, que aún era muy lenta y el envío de archivos 'pesados' era complicado.

- La siguiente época a remarcar es, aproximadamente, desde el 2000 hasta el 2005. En esta época el desarrollo de las TIC, en particular Internet, ha generado nuevas posibilidades que influyeron en toda la sociedad. Los diseñadores no serían la excepción, también la comunicación y el envío de documentos, incluyendo proyectos entre los profesionales, se hace ahora a través del formato digital. Aparecen los teléfonos celulares, las computadoras portátiles, los proyectores multimedia, las nuevas formas de trabajo colaborativo habilitados o reuniones en las que los profesionales no deben ocupar el mismo espacio físico para realizar el trabajo. Por otro lado, la mejora del desarrollo de ordenadores y software ha hecho que muchos profesionales, académicos e investigadores desarrollen nuevos métodos de proceso de diseño digital, como veremos más adelante.'

Como hemos visto hasta ahora, la ampliación y el enriquecimiento de las TIC fueron responsables de la remodelación de la sociedad contemporánea, lo que representa un capítulo aparte en este proceso, ya que revolucionó la práctica y el proceso de diseño. Señalando lo que *Gerhard Schmitt* escribe sobre esto en su libro '*Information Architecture: Basis and Future of CAAD*¹¹' (*Arquitectura de la Información: Bases y futuro del CAAD*), la información se está convirtiendo en una de las principales herramientas y debe ser declarada como una nueva dimensión de la arquitectura.

'...esta información se puede clasificar en cuatro categorías:

- La información que está en la memoria del proyectista y que influye directamente en su proyecto.
- La información externa que se formaliza a través de referencias externas.
- La información generada en el proceso de proyecto y construcción en sí mismo.
- La información que surge durante la vida útil del proyecto.'

Esta declaración muestra cómo las TIC juegan un papel clave en la sociedad actual y se irradia por todos los campos. En arquitectura, se potenciaron nuevas formas de diseño, creando nuevas oportunidades. Estas herramientas afectan

¹¹ CAAD – Acrónimo de la frase inglesa '*Computer-Aided Architectural Design*' (diseño arquitectónico asistido por ordenador)

igualmente a la vida cotidiana de las personas y, en consecuencia, a las hipótesis de diseño.

Todo esto no se puede entender sin el desarrollo llevado a cabo por el sector de la industria del software. En este campo, podemos resaltar varios procedimientos y trabajos que, junto con los estudios que se realizaban al mismo tiempo, y que ya hemos visto anteriormente, se combinan para ir obteniendo resultados cada vez más significativos.

Actualmente hay un buen número de aplicaciones BIM en el mercado, a pesar de que se trata de un tipo de software costoso de desarrollar y que precisa de mucho servicio post venta. En general, todas llevan muchos años en el mercado, con excepción de aquellas que están desarrollándose de la mano de grandes compañías de CAD genérico, que tienen una historia más corta. Antes de realizar una numeración de las aplicaciones diferenciaremos entre dos grupos, las aplicaciones BIM nativas y las aplicaciones BIM implementadas.

- **Aplicaciones BIM nativas**

Con más antigüedad, en general, que las BIM implementadas, existen las aplicaciones creadas con la intención de trabajar en esta dirección desde un buen principio. Naturalmente, son mucho más coherentes y potentes que las BIM implementadas, pero tienen el inconveniente de que la migración desde un software CAD genérico hacia ellas resulta más complicada. Aunque permiten trabajar con archivos provenientes de estas aplicaciones siempre hay ciertas limitaciones, puesto que resulta más difícil incluir información literal en modelos BIM. Por otra parte, todas ellas tienen una estructura de archivos coherente con el concepto de base de datos. Es decir, los proyectos se gestionan de manera integral y se concentran en un solo archivo o carpeta.

2.4. TENDENCIAS DEL PROCESO DE PROYECTO DIGITAL ACTUALES.

Después de estudiar el contexto en el que aparece el énfasis en las tecnologías digitales de hoy, vamos a analizar cuáles son realmente las tendencias actuales.

El interés que rodea el proceso de diseño digital ha llevado a los investigadores y profesionales a examinar las diversas escuelas de pensamiento en la búsqueda de alternativas para mejorar el proyecto. Una cantidad considerable

de profesionales se ven insatisfechos con el proceso de diseño tradicional. Se señala a varios problemas: la calidad estética y funcional de los objetos construidos, fallos y retrasos en la ejecución de la obra debido a la falta de comunicación entre los profesionales implicados, primeras patologías derivadas de los proyectos de conceptos erróneos, la ineficiencia energética, el medio ambiente y el confort térmico. Profesionales, constructores y usuarios sienten las consecuencias de la ineficiencia de este proceso. La investigación de soluciones se puede describir en las siguientes direcciones:

2.4.1. Los sistemas CAD-4D y CAD 5D.

Una tecnología que ha recibido una amplia aceptación en la industria AEC han sido los sistemas CAD-4D. Este nuevo enfoque con una dimensión extra, implica la combinación de los datos de diseño 3D con la dimensión añadida de la variable tiempo. Los beneficios y ahorros son considerables y, por tanto, los propietarios y contratistas adoptan esta técnica como una herramienta de planificación de la construcción de complejos proyectos industriales y comerciales. Durante las últimas décadas la ratio coste/beneficio comienza a ser más atractiva gracias al aumento de la potencia de procesamiento de datos por computación y al aumento del tratamiento de datos en 3D.

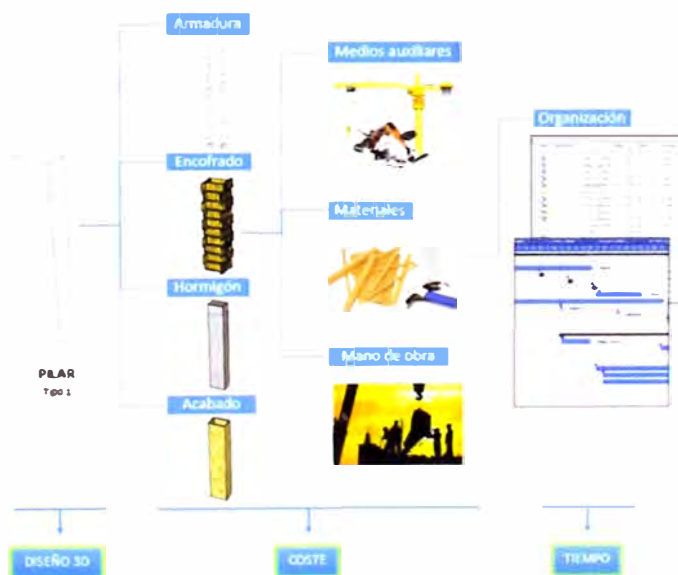


Figura N°2.4: Esquema secuencial de la construcción de un pilar para entender las cinco dimensiones, Fuente: Vico Software

2.5. LA INDUSTRIA AEC.

Como ya hemos visto hasta ahora, el campo del estudio teórico de las posibilidades y el campo del desarrollo informático, han evolucionado conjuntamente, de lo cual la industria del sector AEC ha ido tomando ventaja. Las empresas han tomado los frutos de esta provechosa relación y han convertido las partes teóricas en resoluciones prácticas, lo que a su vez retroalimenta la entrada de datos para nuevos estudios y nuevos desarrollos de software. Se cierra así un círculo que nunca deja de crecer, puesto que cuanto mejores son las herramientas de software que las empresas reciben, más beneficios pueden sacar de sus proyectos y, por tanto, más empeño pondrán en utilizar nuevas herramientas informáticas.

Así iremos viendo algún proyecto que, partiendo de la idea de trasladar la organización empresarial del sector industrial al sector de la construcción, se dan cuenta de que los beneficios y los ahorros que se producen son lo suficientemente interesantes como para empezar a tomarse en serio estas nuevas formas de ver la arquitectura.

Como primer ejemplo podemos ver que en 1976 la Scottish Special Housing Association (SSHA), una asociación escocesa creada para proporcionar viviendas sociales de buena calidad, contrata a un gran número de ingenieros, arquitectos y aparejadores para edificar 80 viviendas en Coatbridge. En esta intervención, la SSHA, demuestra ser capaz de ahorrar un 4% de los costes de construcción usando diseños, detalles y herramientas totalmente automatizadas. Se percatan en ese momento de que los datos de los proyectos de construcción se pueden tratar como los de proyectos industriales, de forma que se consigue ahorrar costes.

En 1983 se desarrolla el proyecto del *Royal Bank of Scotland*. El desarrollo a estas alturas de mediados de los 80 en el sector de la informática, permite avances significativos y el proyecto se consigue modelar de tres formas: en 2D, en 3D y como modelo de propiedades térmicas. Finalmente se le muestra al cliente como un tutorial de animación, aunque quizás lo más interesante de todo es que se realiza íntegramente desde un solo modelo.



Figura N°2.5: Modelo BIM de la zona de la cistema en la Nueva Sede Institucional del Banco de la Nación

CAPITULO III: DEFICIENCIA DE INFORMACIÓN EN LOS PROYECTOS.

Mirando hacia atrás a la arquitectura antigua, es poco probable que la gente que construyó Stonehenge se detuviera para cincelar una pregunta, envíela a su titular, pasarlo a la arquitecta y luego esperar una respuesta. Si bien no podemos determinar la forma en que realmente sucedió, parece dudoso que este tipo de proceso estaba en su lugar. Lo más probable, podría haber habido algunos constructores de pie alrededor, probablemente contando un par de chistes inapropiados, y luego empezó a hablar acerca de cómo apilar rocas. Entonces, ¿cómo ha cambiado este proceso?



Figura N°3. 1: Stonehenge, uno de los símbolos de la civilización humana

Mira En la línea de tiempo de la historia de la construcción, la documentación de preguntas con fines de responsabilidad es probablemente un invento relativamente nuevo, pero tiene sentido.

Contratos, departamentos de construcción, OSHPD, DSA, FDA, licencias y cualquier otro motivo de regulación y responsabilidad, crea una necesidad de la documentación completa. Tanto el aumento de la probabilidad de una demanda, y el costo potencial ha encomendado legítimamente prácticas de gestión más estrictas.

Por desgracia, la eficiencia sufrió a manos de la mitigación del riesgo.

¿No sería agradable si cada proyecto facilite una habitación grande, arquitectos en el sitio, y otros recursos dedicados a resolver problemas? Por desgracia, esto no es siempre el caso en nuestra sociedad, aunque históricamente, se ha trabajado de manera eficiente. A pesar de los avances tecnológicos, incluyendo teléfonos celulares, correos electrónicos y mensajes de texto, hablar cara a cara cuando sea posible es la forma más eficiente para resolver problemas. Aunque estos otros métodos son más accesibles, muchos elementos de la comunicación se han perdido o mal entendido en el proceso.

El problema de nuestra sociedad parece tener algo que ver con la eficiencia de equilibrio y riesgo. Nuestro objetivo debe ser ganar eficiencia y mitigar el riesgo.

En nuestro país como en muchos otros países, el diseño y la construcción de un proyecto se realizan en dos etapas bien diferenciadas y muy poco coordinadas entre sí, esto se da debido a: Bajos niveles de comunicación entre los involucrados, falta de aplicación del concepto de constructabilidad en la etapa de diseño, falta de herramientas de coordinación y de visualización de los procesos y en general a la costumbre muy arraigada de ir solucionando las cosas como se vayan presentando. Todo esto hace que los costos de construcción de aquello que se concibe en los planos, no sea realizado de la forma más óptima posible.

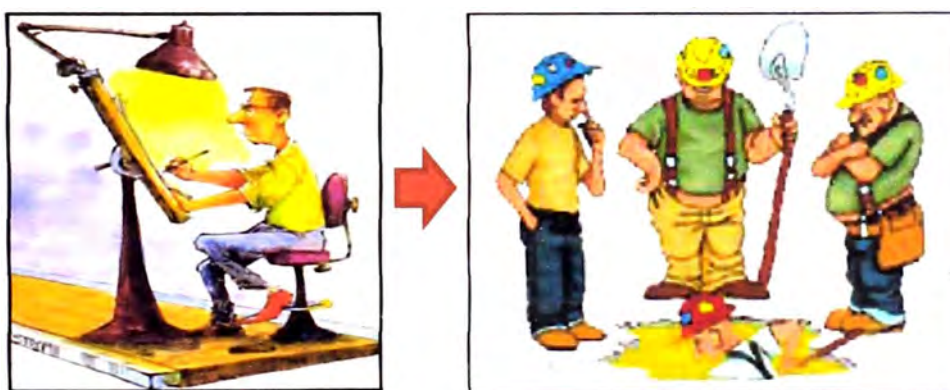


Figura N°3.2: Desfase Diseño / Construcción

Flavio Picchi (1,993), en su tesis doctoral nos muestra estimaciones de los desperdicios generados en proyectos de edificación en Sao Paulo, donde podemos ver que existe un 30% del costo total de la obra compuestos por desperdicios, esto quiere decir que si tuviéramos por ejemplo un proyecto de 3

torres de departamentos, la tercera de ellas la podríamos construir con los desperdicios de las otras dos.

La figura 3.2 nos muestra un cuadro presentado en su tesis, donde podemos ver que dentro de las 8 grandes causas identificadas de desperdicios en obras, la de mayor incidencia es la de los proyectos no optimizados.

ESTIMADO DE DESPERDICIO EN OBRAS DE EDIFICACIONES		
(% del costo total de obra)		
ITEM	DESCRPCIÓN	%
Restos de material	Restos de mortero Restos de ladrillo Restos de madera Limpieza Retirada de material	5.0%
Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos Tarrajeo de paredes internas Tarrajeo de paredes externas Contrapisos	5.0%
Dosificaciones no optimizadas	Concreto Mortero de tarrajeo de techos Mortero de tarrajeo de paredes Mortero de contrapisos Mortero de revestimientos	2.0%
Reparaciones y re-trabajos no computados en el resto de materiales	Repintado Retoques Corrección de otros servicios	2.0%
Proyectos no optimizados	Arquitectura Estructuras Instalaciones sanitarias Instalaciones eléctricas	6.0%
Perdidas de productividad debidas a problemas de calidad	Parada y operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores.	3.5%
Costos debidos a atrasos	Perdidas financieras por atrasos de las 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%
TOTAL		30.0%

Figura N°3.3: Estimación de desperdicios en obras de edificación, Sao Paulo-Brasil. Picchi 1993

Alarcón y Mardones (1,998), en un estudio realizado en 4 proyectos de una empresa constructora chilena, identificaron los diferentes problemas presentados en la interface diseño – construcción, llegando a la conclusión que los más

frecuentes eran los relativos a la falta de detalles, especialmente en los planos de estructuras, planos de arquitectura y a la incompatibilidad entre las mismas.

La figura 3.3, nos muestra el resumen de estas estimaciones, lo cual refleja un bajo nivel de comunicación entre los proyectistas y poco conocimiento de los procesos constructivos.

N°	DEFECTOS DE DISEÑO	%
1	Escaso detalle de los elementos estructurales	13.97
2	Falta de planos detallados 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 estructura	6.39
7	Falta de dimensiones de arquitectura.	6.24
8	Falta de identif. y ubicación de los elementos de arq.	5.65
9	Materiales de acabados que requieren muestras.	4.75
10	Problemas con los ejes.	4.46
11	Defectos de diseño en el desague	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	Defectos en los diseños de gas.	0.30
TOTAL		100%

Figura N°3.4: Clasificación de defectos, Santiago de Chile (Alarcón y Mardones, 1,998)

En entrevistas realizadas en 65 obras de edificación de viviendas a ingenieros residentes y maestros de obras en lima, en una tesis de la PUCP, se concluye que el 73% de los entrevistados percibe que el diseño tiene una gran influencia en la productividad de la obra y el 66% de los ingenieros residentes califican el grado de eficiencia de los proyectos que actualmente se realizan en Lima, como de regular a deficiente (J. Carlos Vásquez 2005)

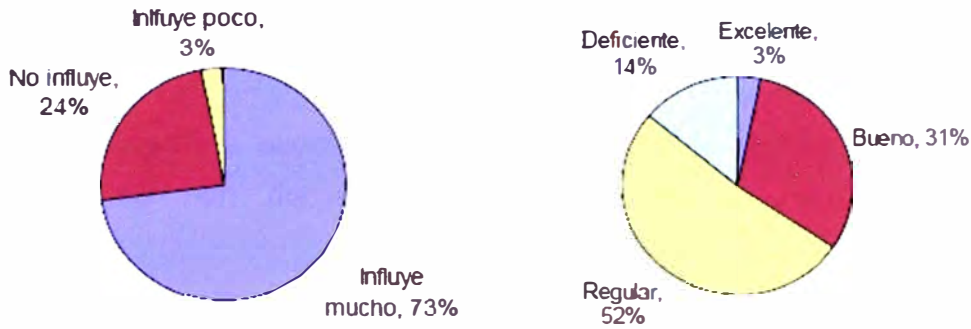


Figura 3.5: Influencia del diseño en la productividad y el grado de eficiencia de los proyectos (J .Carlos Vásquez, 2,005)

Así mismo, la figura 3.5 nos muestra que dentro de las principales deficiencia, el primer lugar lo ocupa las incompatibilidades de planos entre especialidades que dan origen a esperas, replanteos, desperdicios y reproceso (J.Carlos Vásquez 2,005)

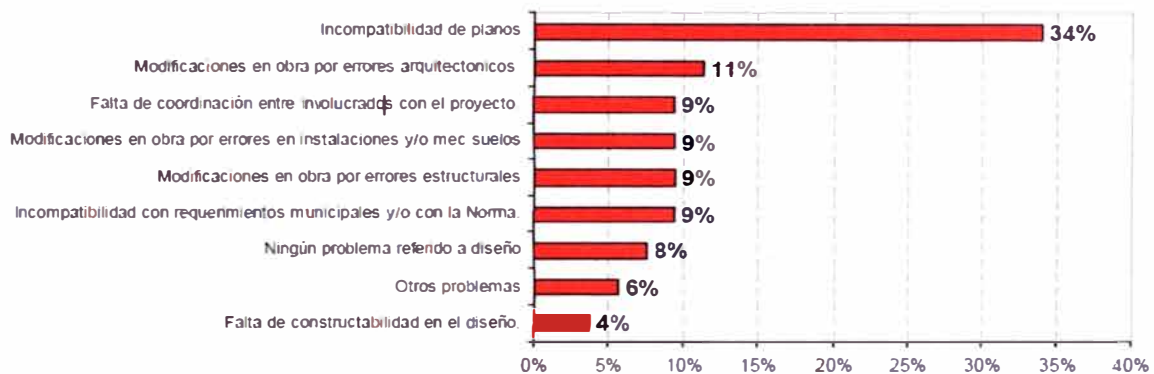


Figura 3.6: Mayores problemas que ocurren durante una obra debido a un mal diseño del proyecto (J .Carlos Vásquez, 2,005)

3.1. INEFICIENCIAS DOCUMENTADAS DE ENFOQUES TRADICIONALES.

Esta sección documenta cómo las prácticas tradicionales contribuyen en la generación de residuos y errores innecesarios. La evidencia de la baja productividad en campo se ilustra en un gráfico desarrollado por el Centro para la Facilitación de Ingeniería Concurrente (CIFE) de la Universidad de Stanford (CIFE 2007). El impacto de la información deficiente y redundante se ilustra en un estudio realizado por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) (Gallaher et al. 2004).

3.1.1. estudio CIFE sobre la productividad laboral en la industria de la construcción.

Los costes adicionales asociados con las prácticas de diseño y construcción tradicionales se han documentado a través de diversos estudios de investigación.

Productividad Laboral de la Construcción y del Non-Farm Industries, 1964-2009

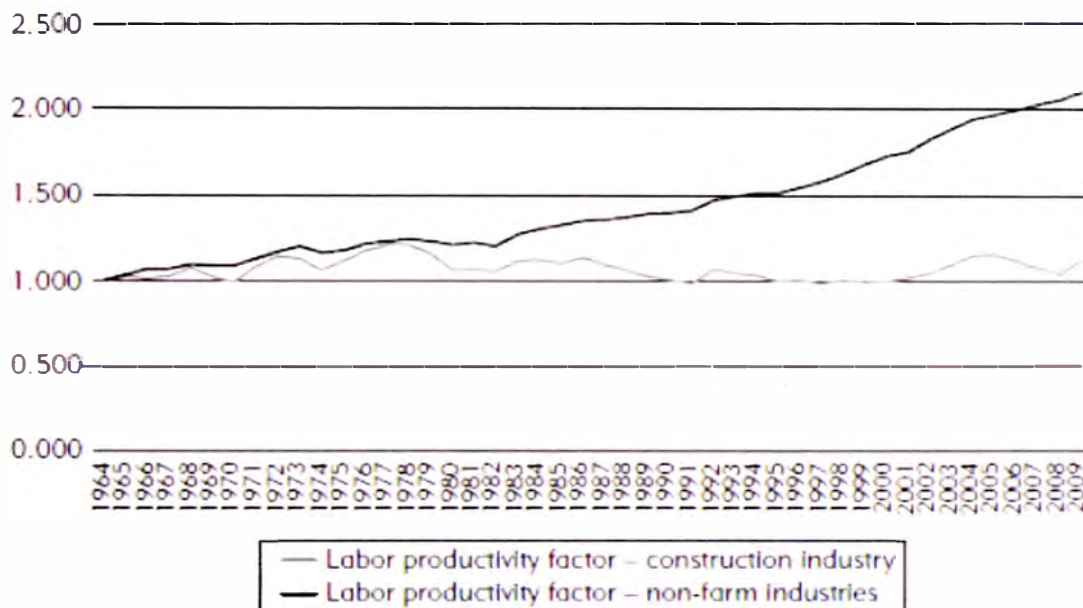


Figura N°3.7: Los índices de productividad del trabajo para las industrias de la construcción, 1964-2009. Adaptado de la investigación por Paul Teicholz en CIFE

Uno de los autores, ilustra la productividad dentro de la industria del campo de la construcción en los Estados Unidos en relación con todos los sectores no agrícolas durante un período de 45 años, desde 1964 hasta 2009. Los datos se calculan dividiendo dólares constantes del contrato (del Departamento de Comercio) por el campo obrero - horas de trabajo para los contratos (de la Oficina de Estadísticas del Trabajo). Estos contratos incluyen los costos de arquitectura e ingeniería, así como el costo de los materiales y de la entrega de los componentes prefabricados al sitio. Los costos asociados con la instalación de equipos de producción pesada, tales como máquinas de impresión, máquinas de estampación, y similares, no están incluidos. La cantidad de horas laborables requeridas para los trabajadores excluye el trabajo fuera de las instalaciones, tales como la fabricación de acero, hormigón prefabricado, y así sucesivamente,

pero sí incluye la mano de obra de instalación de estos materiales. Durante estos 44 años de largo período, la productividad de las industrias no agrícolas (incluyendo construcción) se ha más que duplicado. Mientras tanto, la productividad del trabajo dentro de la industria de la construcción es relativamente sin cambios y se estima ahora en alrededor de un 10 por ciento menos de lo que era en 1964. El trabajo representa alrededor de 40 a 60 por ciento de los costos estimados de construcción (dependiendo del tipo de estructura). Los propietarios estaban pagando en realidad aproximadamente un 5 por ciento más en 2009 de lo que hubiera pagado por el mismo edificio en 1964. Por supuesto, muchos materiales y las mejoras tecnológicas se han hecho a los edificios en las últimas cuatro décadas. Los resultados son tal vez mejor de lo que parece, porque la calidad ha aumentado sustancialmente y la prefabricación fuera del sitio se está convirtiendo en un factor más importante. Por otro lado, los productos manufacturados también son más complejas de lo que solía ser, pero ahora se pueden producir a menor costo significativamente. La sustitución del trabajo manual con equipo automatizado se ha traducido en menores costos de mano de obra y el aumento de la calidad. Pero lo mismo no puede decirse de las prácticas de construcción teniendo en cuenta la industria en su conjunto.

Los contratistas han hecho un mayor uso de los componentes fuera del sitio, aprovechándose de las condiciones de fábrica y equipo especializado. Es evidente que esto ha permitido una mayor calidad y menor costo de producción de componentes, en comparación con el trabajo in situ (Eastman y Sacos de 2008). Aunque el coste de estos componentes está incluido en nuestros datos de costes de construcción, el trabajo no lo está. Esto tiende a hacer que la productividad de la construcción parezca mejor de lo que realmente es. La magnitud de este error, sin embargo, es difícil de evaluar debido a que el costo total de la producción fuera de la oficina no está bien documentado en el período total cubierta por estas estadísticas.¹²

¹² Desde 1997-2008 el costo de componentes prefabricados de madera y acero representó alrededor del 3,3 por ciento del valor total de la construcción puesto en marcha o alrededor de 9,7 por ciento del valor del material, suministros y combustible utilizado para la construcción (a partir de datos del Censo Económico).

Aunque las razones de la aparente disminución de la productividad de la construcción no se entienden completamente, las estadísticas son dramáticas y un punto importante son los impedimentos estructurales dentro de la industria de la construcción. Está claro que las eficiencias logradas en la industria de fabricación mediante la automatización, el uso de sistemas de información, una mejor gestión de la cadena de suministro, y la mejora de las herramientas de colaboración, aún no se han alcanzado en la construcción de campo. Las posibles razones para esto son:

- Sesenta y cinco por ciento de las empresas de construcción consisten en menos de cinco personas, por lo que es difícil para ellos para invertir en nuevas tecnologías; incluso las más grandes firmas representan menos del 0,5 por ciento del volumen total de la construcción y no son capaces de establecer liderazgo en la industria.
- Los salarios reales ajustados y la inflación de los paquetes de beneficios para los trabajadores de construcción se han estancado durante este período de tiempo. La participación conjunta se ha reducido y el uso de los trabajadores inmigrantes ha aumentado, desalentando la necesidad de innovaciones que ahorran trabajo. Aunque se han introducido innovaciones, tales como pistolas de clavos, equipos de movimiento de tierra más grandes y más eficaces y mejores grúas, las mejoras de productividad asociados a ellos no han sido suficientes para cambiar la productividad general del trabajo campo.
- Las adiciones, modificaciones o trabajos de reconstrucción representa alrededor del 23 por ciento y el mantenimiento y la reparación representa alrededor de 10 a 12 por ciento del volumen de construcción. Es más difícil de usar métodos intensivos de capital para este tipo de trabajo. Es mucho trabajo y probablemente lo seguirá siendo. El nuevo trabajo representa sólo alrededor del 64 por ciento del volumen total de la construcción.
- La adopción de nuevas y mejores prácticas institucionales en el diseño y la construcción ha sido notablemente lento y limitado principalmente a las grandes empresas. Además, la introducción de las nuevas tecnologías se ha fragmentado. A menudo, sigue siendo necesario volver a papel o dibujos CAD en 2D para que todos los miembros de un equipo de proyecto sean

capaces de comunicarse entre sí y para mantener el conjunto de posibles contratistas y subcontratistas de licitación en un proyecto suficientemente grande. Casi todos los gobiernos municipales requieren envíos de papel para las revisiones de permisos de construcción. Por estas razones, el uso de papel mantiene un fuerte control sobre la industria.

- Los proyectos de construcción suelen involucrar diferentes socios que trabajan juntos por un período de tiempo y luego dispersándose. Como resultado, hay pocas o ninguna oportunidad para realizar mejoras en el tiempo a través del aprendizaje aplicado. Más bien, cada socio actúa para protegerse a sí mismo de posibles disputas que pudieran conducir a dificultades legales, apoyándose en procesos anticuados y lentos que hacen difícil o imposible de poner en práctica las resoluciones de forma rápida y eficiente. Por supuesto, esto se traduce en gastos de costes y tiempo superiores.

Otra posible causa de estancamiento de la productividad de la industria de la construcción es que la construcción no se ha beneficiado significativamente de la automatización. Por lo tanto, la productividad de campo se basa en la formación cualificada del trabajo de campo. La Figura 3.7 muestra que, desde 1974, la indemnización de los trabajadores por hora se ha reducido de manera constante con el aumento en el uso de los trabajadores inmigrantes no sindicalizados con poco entrenamiento previo. El menor costo asociado con estos trabajadores puede haber desalentado a los esfuerzos para reemplazar el trabajo de campo con soluciones automatizadas (o fuera del sitio). El hecho de que los salarios por hora promedio para su fabricación son más bajos que los de la construcción puede indicar que la automatización en ambas industrias es menos dependiente de los costos de mano de obra que en si los procesos básicos son capaces de ser automatizado (fábrica frente entornos de trabajo de campo y similares).

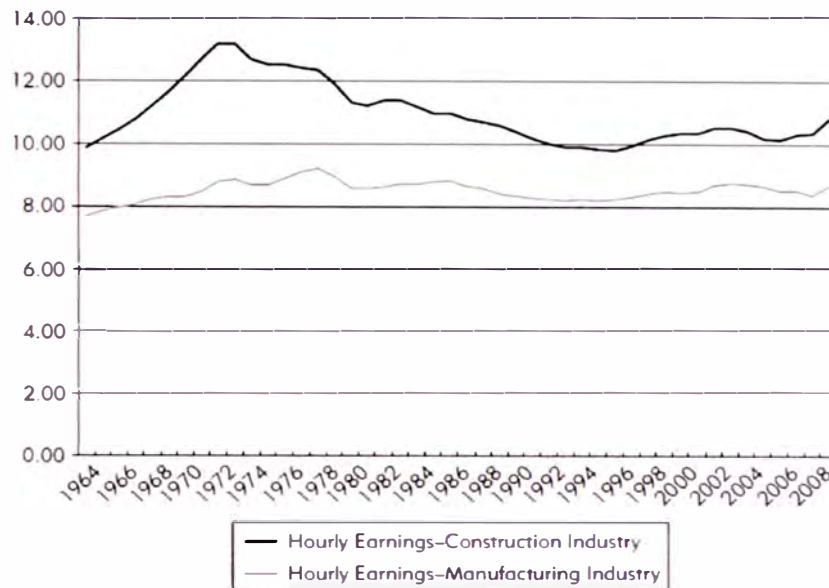


Figura N°3.8: Tendencias de los salarios reales de los trabajadores por hora (1.990 dólares) para la fabricación y construcción, desde 1974 hasta 2008.

3.2. INDICADORES DE DEFICIENCIA EN EL DISEÑO Y SU DOCUMENTACIÓN.

En un mundo ideal, el diseño y la documentación elaborada para los proyectos de construcción estarían completa, precisa e inequívoca. Por desgracia, este no suele ser el caso, muy a menudo los contratistas se suministran con documentación del proyecto incompleta, contradictoria o errónea, lo que requiere revisiones y aclaraciones que son proporcionados por los diseñadores. Cuando este es el caso, es esencial que la información se suministre al contratista de manera eficiente y sin demora.

La "Solicitud de Información" proceso (RFI), donde los contratistas y subcontratistas obtienen formalmente aclaraciones de información con respecto a los documentos del contrato suministrados, es muy común en todo el sector de la construcción. Este proceso es, sin embargo, altamente ineficiente debido a que no añaden valor y producen retrasos en la obtención de información necesaria.

Parte de esta investigación propone realizar un análisis tanto del proceso RFI y de los registros de dibujo puede proporcionar indicadores de diseño, la deficiencia de la documentación y el rendimiento general del proyecto. El

documento evalúa los cambios en el número de dibujos emitidos, define y cuantifica las principales fuentes de RFI y mide los tiempos de respuesta de RFI. Los resultados de un estudio reciente de dos proyectos de construcción en Lima están incluidos.

Los diseñadores proporcionan las representaciones gráficas y escritas que les permiten a los contratistas y subcontratistas transformar conceptos e ideas en la realidad física. ¿Con que eficacia y eficiencia se produce esta transformación?, depende en gran medida de la calidad del diseño y la documentación proporcionada (Tilley y Barton, 1997). Por desgracia, los contratistas están muy a menudo trabajando con la documentación del proyecto que es incompleta, contradictoria o errónea, lo que requiere aclaraciones a ser proporcionada por los diseñadores.

Cuando este es el caso, el proceso de Solicitud de Información (RFI) se utiliza generalmente para obtener formalmente las aclaraciones de información necesarios para permitir la continuidad de la construcción. Para asegurar que el progreso no se interrumpe, es esencial que la información requerida se suministre al contratista de manera eficiente y sin demora. Sin embargo, el proceso de RFI es altamente ineficiente, debido a la alta proporción que no añaden valor produciendo retrasos en la obtención de la información necesaria.

Una investigación en curso de los procesos de comunicación y flujo de información dentro de los proyectos de construcción ha destacado el proceso de RFI como un área problemática en particular. Uno de los principales objetivos de esta investigación ha sido la de definir y categorizar las razones por las cuales se emiten solicitudes de propuestas y cuantificar no sólo su extensión, sino también los diversos detalles relativos a su procesamiento.

Los resultados preliminares de esta investigación sugieren que un análisis tanto de los registros de dibujo y el proceso de RFI puede proporcionar indicadores de la deficiencia en la documentación del diseño y el rendimiento general del proyecto. Este trabajo presenta los resultados de este estudio que evalúa los cambios en el número de dibujos emitidos, define y cuantifica las principales fuentes de RFI y mide los tiempos de respuesta de los RFI. El análisis de los proyectos de construcción de dos casos de estudio están incluidos y temas para una investigación más se identifican.

Una evidencia anecdótica en la industria sugiere que en los últimos 10-15 años, se ha producido una disminución en el nivel de calidad del diseño y de la documentación que se proporciona a los contratistas. También se afirma que esto ha dado lugar a una reducción correspondiente en la eficiencia del proceso de construcción, se indica por el aumento de los niveles de las RFI del contratista, cambios de diseño, problemas de coordinación del diseño, variaciones y retrabajo, con los correspondientes incrementos en la carga de trabajo de administración de proyectos para los distintos personal del proyecto. En la actualidad, la calidad del diseño y de la documentación que se produce es de gran preocupación para muchos dentro de la industria de la construcción (Syam 1995).

A medida que la calidad del diseño y la documentación proporcionada tiene una gran influencia en el rendimiento y la eficiencia de los proyectos de construcción en general (Buratti et al 1992, Lutz et al 1990, Kirby et al 1988), se considera necesario un método para evaluar la deficiencia de diseño y documentación. A medida que el proceso de RFI se utiliza sobre todo para aclarar las incertidumbres en la información documentada suministrada, un análisis de este proceso proporciona una base para el desarrollo de un método de evaluación de diseño y documentación de la calidad y el rendimiento general del proyecto.

Pero, ¿qué es el diseño y la documentación de la calidad? La evaluación de la calidad del diseño y la documentación puede ser muy subjetiva y abierta a la interpretación.

Al considerar la calidad del diseño, McGeorge (1988), declaró que: "un buen diseño será efectivo (es decir, servir a la finalidad para la que se pretendía) y construible con la mejor economía y seguridad posible."

Pero mientras que el diseño en sí tiene que ser no solamente "eficaz", sino que también debe ser comunicada de manera efectiva a través de la documentación (es decir, dibujos, especificaciones, etc.). Cuando la calidad de la documentación se considera, una serie de criterios a determinar el nivel de calidad:

- **Puntualidad:** siendo suministrada cuando sea necesario, a fin de evitar retrasos.
- **Exactitud:** libre de errores, conflictos e inconsistencias.
- **Exhaustividad:** Proporcionar toda la información requerida.
- **Coordinación:** la coordinación exhaustiva entre las disciplinas de diseño.
- **Conformidad:** el cumplimiento de los requisitos de los estándares de desempeño y disposiciones legales

Por lo tanto, la calidad del proceso de diseño y documentación simplemente se puede definir como:

“La capacidad de proporcionar al contratista toda la información necesaria para que la construcción se lleve a cabo según las necesidades, de manera eficiente y sin obstáculos.”

A medida que el proceso de diseño y documentación tiene una incidencia tan importante en el rendimiento global del proyecto terminado, un método para evaluar la calidad del proceso de diseño y documentación también es probable que proporcione un indicador del probable desempeño general del proyecto. Por lo tanto, un indicador de rendimiento de calidad de diseño y la documentación es la que:

3.2.1. Indicadores de Eficiencia

Como se indicó anteriormente, se propone que el análisis del dibujo del proyecto y registros RFI puede proporcionar buenos indicadores de la calidad del proceso de diseño y documentación proporcionada en proyectos de construcción, por áreas de deficiencia de destacar.

- **Registro de los dibujos.**

A medida que la calidad general de la documentación emitida en todo el proyecto afecta a la eficiencia de éste, un simple análisis de los registros de dibujo proporciona una buena indicación inicial de las áreas de la deficiencia de la documentación probable. Un análisis que pone de relieve tanto los cambios en

el número de dibujos de contratos individuales emitidas y el número de revisiones hechas, permite comparaciones entre los proyectos y las disciplinas de diseño involucrados. Aunque el sistema de adquisiciones del proyecto utilizado en cada proyecto tendrá una influencia significativa en los resultados obtenidos, se puede tener en cuenta al evaluar los datos recogidos.

- **Proceso de RFI.**

Un análisis del proceso de RFI proporciona un mejor indicador de la calidad general del proceso de diseño y la documentación mediante la cuantificación de la magnitud de las deficiencias en los documentos y su gravedad relativa. Analizando el volumen de la RFI's en relación al contrato de valor y duración del proyecto proporciona una indicación de la magnitud de las deficiencias del diseño y documentación, mientras que una evaluación de los tiempos de respuesta a estos RFI proporciona una indicación de su gravedad. Aunque el proceso de RFI es utilizado por los contratistas y subcontratistas para una variedad de propósitos (ver Tabla 1), su función principal es:

- ✓ Para solicitar formalmente información adicional o aclaraciones a la información existente, en relación a cómo el proyecto se va a construir para satisfacer los requisitos del proyecto.
- ✓ Debido a la amplia variedad de tareas para las que se utilizan las IFR, sólo el análisis de éstos primaria IFR - clasificado como aclaraciones de información - se debe utilizar para determinar los indicadores de la calidad general del proceso de diseño y documentación proporcionada en cada proyecto.

- **Clasificación de RFI's.**

Las clasificaciones de tipo de RFI se determinaron a partir de una evaluación de los datos recogidos en una serie de proyectos del caso de estudio, como se muestra en la Tabla 1.

TABLA N° 1: Lista de Tipo de Clasificación de RFI

Tipo de RFI	Descripción del Tipo
Confirmación de información	Cónsultas del proyecto que necesitan una confirmación para definir las
Problemas de información de diseño	Dibujos, documentos, muestras de materiales o información técnica que contienen errores en su planteamiento
Valor agregado al diseño	Propuestas de mejora al diseño que le agregan valor

El desglose de estas aclaraciones de información también se puede llevar a cabo para identificar las causas de la deficiencia de la que son más frecuentes y permitir comparaciones entre proyectos. Una vez más, sobre la base de una evaluación de los datos recogidos en una serie de proyectos de estudios de casos, las sub-clasificaciones, causas RFI, se determinaron como se muestra en la Tabla 2.

TABLA N° 2: Lista de sub-clasificaciones de causa de RFI.

Causa de los RFI	Descripción de la causa
Aprobación a soluciones alternativas de diseño	Soluciones de alternativas de diseño emitidas para la aprobación de los proyectistas/cliente
Confirmación de acuerdos	Requerimiento de confirmación de información verbal o escrita entregada de manera no contractual. Ej: Acuerdos en reuniones, en campo, etc.
Conflicto de información	Discordancia entre la información graficada en los planos y la descrita en las especificaciones técnicas o en la memoria descriptiva

Constructabilidad de diseño	Recomendaciones para mejorar el estándar en la construcción, productividad y diseño
Falta de definición	Información técnica que no ha sido definida por el proyectista y que incide en el desarrollo de las soluciones del producto. La falta de definiciones técnicas en los diseños y en los planos, haciendo impracticables los análisis de compatibilización y por lo tanto la detección de interferencias.
Falta de ingeniería de detalle y especificación técnicas	Información insuficiente: falta de cortes, definición de material, detalles de construcción, etc.
Incompatibilidad	Incompatibilidad de información dentro de una misma especialidad o entre dos o más especialidades generando también inconformidad entre los diseños y por lo tanto en la construcción.
Discordancia en la documentación del diseño	Recomendaciones sobre la diagramación de los planos, leyendas, que facilitan la lectura tanto del equipo de diseño como del equipo de obra.

3.2.2. Adquisición de datos

Se han recogido los datos específicos de cuatro proyectos de una misma empresa constructora, desarrollados en el periodo 2012-2014, con un avance mayor al 80% de su construcción, esta información contiene los RFI's registrados durante el proceso constructivo de cada uno de estos proyectos, a su vez estos RFI's han sido clasificados y Sub-Clasificados según las Tablas N°1 y N°2 respectivamente. A continuación se presentan graficas que resumen como han

sidó ordenados los RFI's de cada uno de estos proyectos y con la propuesta de "Tilley y Mohamed" de clasificar el rango de deficiencia de información se evaluara el nivel de cada uno de los antes mencionados.

- **Proyecto Torre Begonias:** Proyecto de oficinas de 26 pisos, 7 sótanos y una cisterna. Con un área construida de 62,000m² y un presupuesto de S/. 74,213,809, se muestra la clasificación y la sub-clasificación de RFI's en las figuras mostradas según Tabla N°1 y Tabla N°2 respectivamente

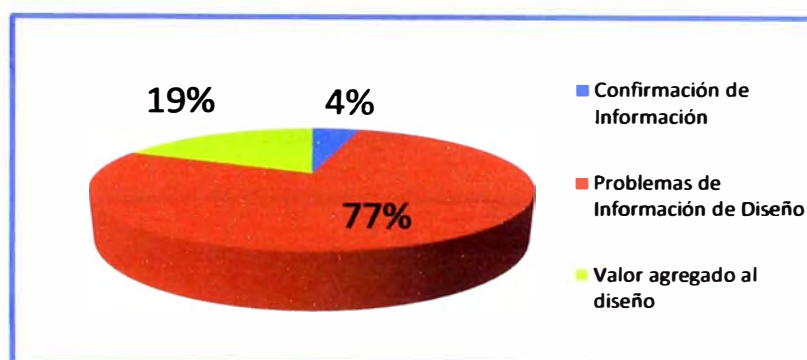


Figura N°3.9: Clasificación RFI Proyecto Torre Begonias

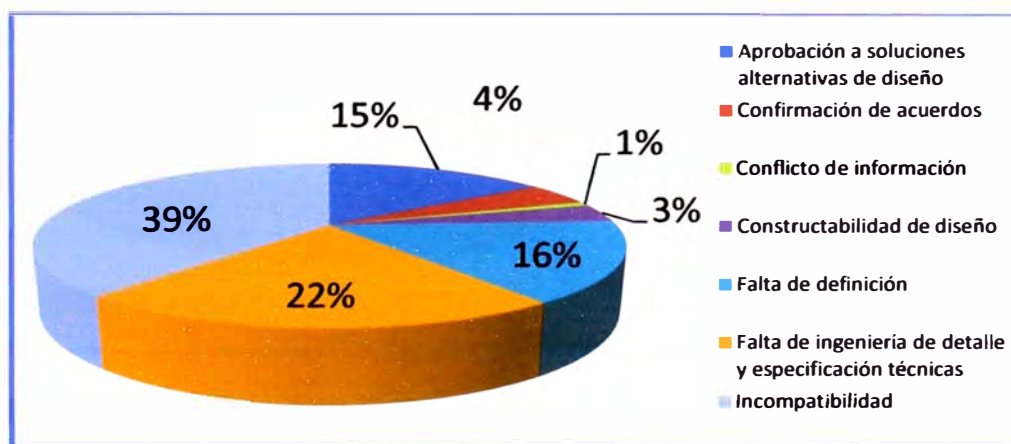


Figura N°3.10: Sub-Clasificación de RFI Proyecto Torre Begonias

Presupuesto de obra Torre Begonias	Adicionales por deficiencia de información	% avance de obra	Duración original del proyecto	Duración final del proyecto	Total de RFI's
S/. 74,213,809	S/. 177,687	86%	23 Meses	27 Meses	603

- **Proyecto Condominio Único:** Proyecto de departamentos multifamiliares de 18 pisos, 4 sótanos y una cisterna. Con un área construida de 33,900m² y un presupuesto de S/. 22,466,045 se muestra la clasificación y la sub-clasificación de RFI's en las figuras mostradas según Tabla N°1 y Tabla N°2 respectivamente.

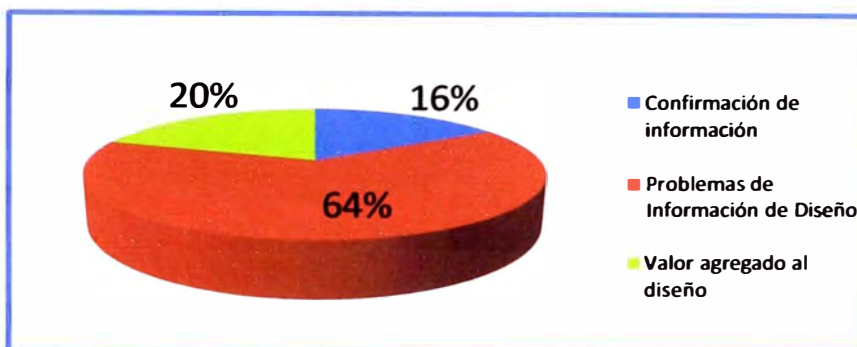


Figura N°3.11: Clasificación de RFI del Proyecto Condominio Único

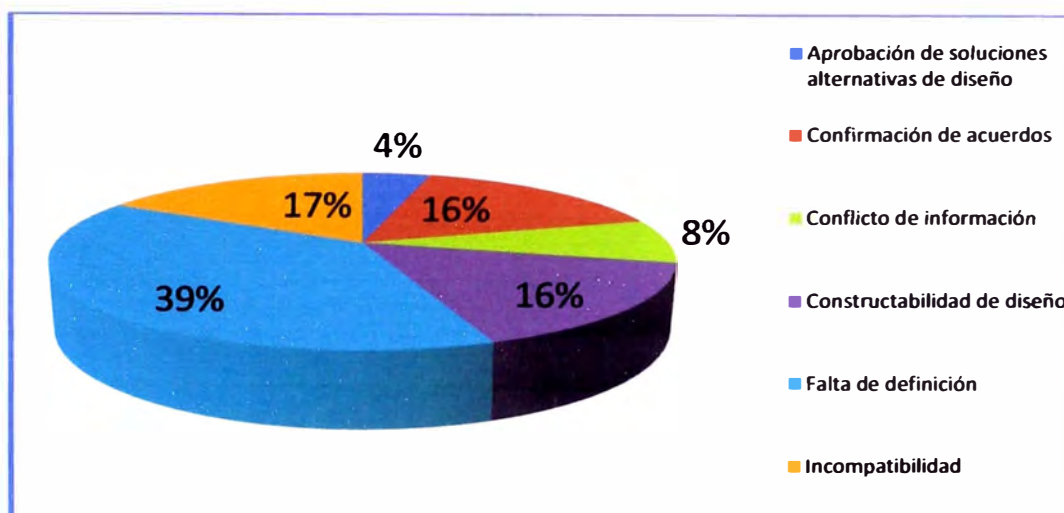


Figura N°3.12: Sub-Clasificación de RFI Proyecto Condominio Único

Presupuesto de obra Condominio Único	Adicionales por deficiencia de información	% avance de obra	Duración original del proyecto	Duración final del proyecto	Total de RFI's
S/. 22,466,045	S/. 631,921	100%	16 Meses	20 Meses	277

- **Proyecto Strip Mall 28 de Julio:** Proyecto de un centro comercial ubicado entre las calles 28 de Julio y Vía Expresa en el distrito de Miraflores-Lima-Perú, con un área construida de 50,000m² y un presupuesto de S/.

22,276,170 se muestra la clasificación y la sub-clasificación de RFI's en las figuras mostradas según Tabla N°1 y Tabla N°2 respectivamente.

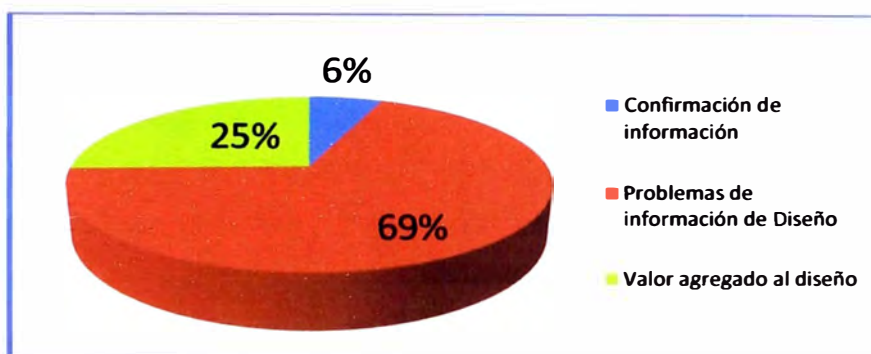


Figura N°3.13: Clasificación RFI del Proyecto Mall 28 de Julio

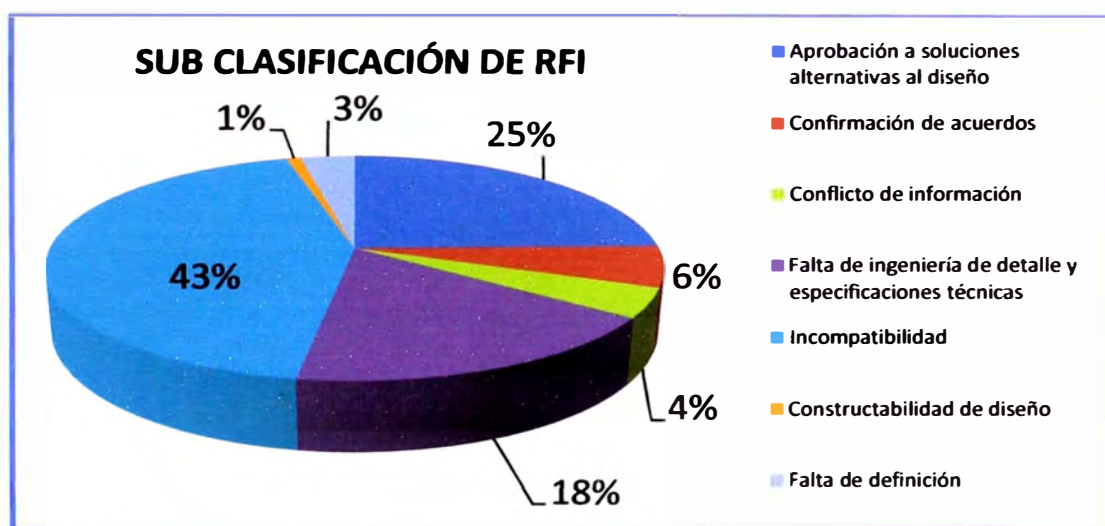


Figura N°3.14: Sub-Clasificación RFI del Proyecto Mall 28 de Julio

Presupuesto de obra Mall 28 de Julio	Adicionales por deficiencia de información	% avance de obra	Duración original del proyecto	Duración final del proyecto	Total de RFI's
S/. 22,276,170	S/. 79,451	73%	18 Meses	22 Meses	118

- Proyecto Centro Comercial San Borja:** Proyecto ubicado en la Av. Javier Prado cruce con Av. Aviación en el distrito de San Borja-Lima-Perú, con un área construida de 160,000m² y un presupuesto de S/. 152,687,874 se muestra la clasificación y la sub-clasificación de RFI's en las figuras mostradas según Tabla N°1 y Tabla N°2 respectivamente.

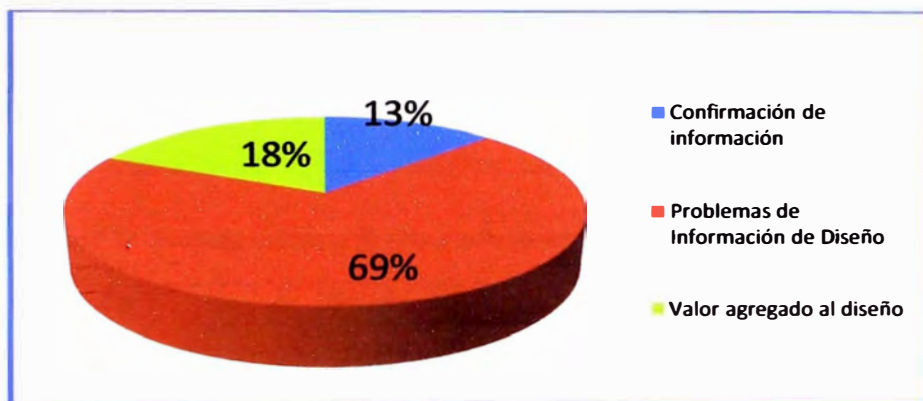


Figura N°3.15: Clasificación RFI's Proyecto Centro Comercial San Borja

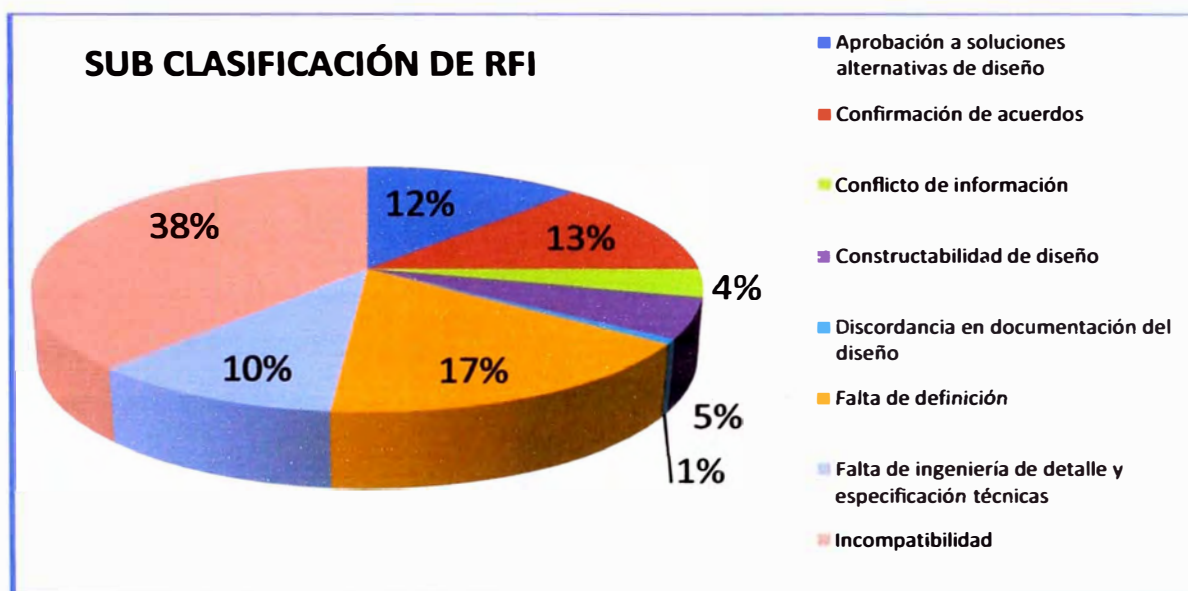


Figura N°3.16: Sub-Clasificación de RFI's Proyecto Centro Comercial San Borja

Presupuesto de obra Centro Comercial San Borja	Adicionales por deficiencia de información	% avance de obra	Duración original del proyecto	Duración final del proyecto	Total de RFI's
S/. 152,687,874	S/. 1,245,489	95%	19 Meses	25 Meses	632

3.2.3. Análisis de los datos.

3.2.3.1. Impacto de adicionales por RFI's al Presupuesto Inicial

Según los cuadros presentados se elaboró una gráfica que muestra la proporción del aumento respecto al presupuesto inicial planificado, siendo este aumento provocado por el costo que implica la deficiencia en la información del proyecto.

TABLA N° 3: Presupuestos y Montos adicionales de los proyectos en estudio

Proyecto	Monto Adicional debido a RFI's	Presupuesto	%
Torre Begonias	S/. 177,687	S/. 74,213,809	0.24%
Condominio Único	S/. 631,921	S/. 22,466,045	2.81%
Strip mall 28 de Julio	S/. 79,451	S/. 22,276,170	0.36%
CC San Borja Plaza	S/. 1,245,489	S/. 152,687,874	0.82%

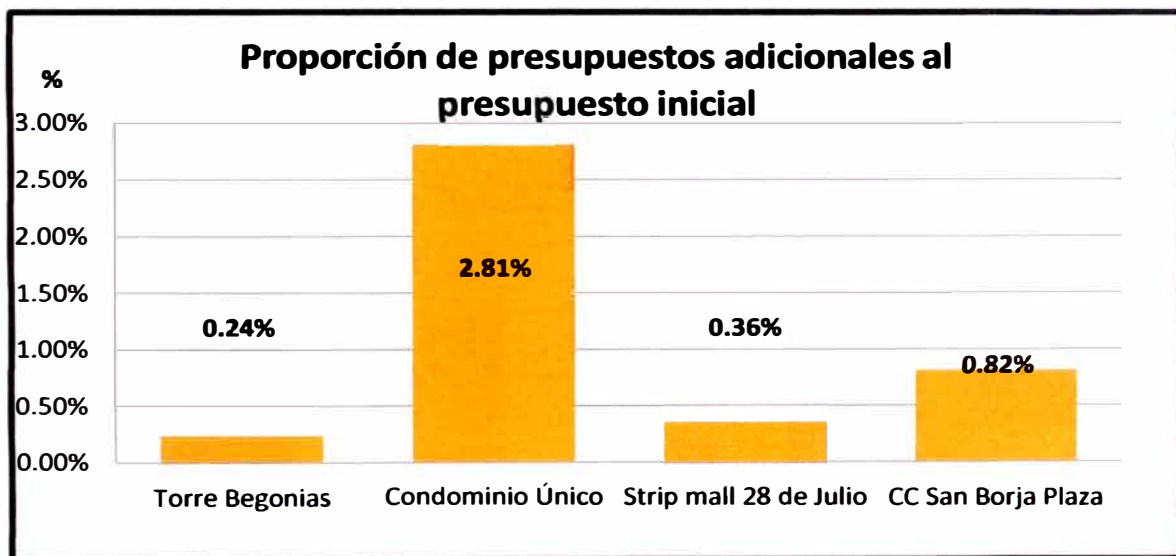


Figura N°3.17: Proporción de presupuestos adicionales al presupuesto inicial de los cuatro proyectos en análisis

Como conclusión de la gráfica podemos notar que en el proyecto “Condominio Único” el porcentaje que representa el presupuesto generado por los adicionales de obra respecto al presupuesto inicial es el que mayor impacto tiene de los cuatro proyectos analizados; aunque, según la tabla N°3, en el proyecto del “Centro Comercial San Borja” el monto que representa los adicionales de obra es el doble que el antes mencionado el impacto que tiene este respecto de presupuesto inicial no es tan representativo puesto que dicho presupuesto es siete veces mayor al del proyecto “Condominio Único”

3.2.3.2. Proporción de Tipos de RFI por proyecto

Del mismo modo que la gráfica anterior también se elaboró una gráfica que muestra los tres tipos de RFI que se mencionan en la Tabla N°1, Problemas de información de diseño, Confirmación de información, Valor agregado al diseño; y podremos ver cuál de estos tres tipos de RFI tiene mayor incidencia en los proyectos en estudio.

TABLA N° 4: Tipo de RFI por proyecto

Proyecto	Problemas de información de diseño	Confirmación de información	Valor agregado al diseño
Torre Begonias	77%	4%	19%
Condominio Único	64%	16%	20%
Strip mall 28 de Julio	69%	6%	25%
CC San Borja Plaza	69%	13%	18%

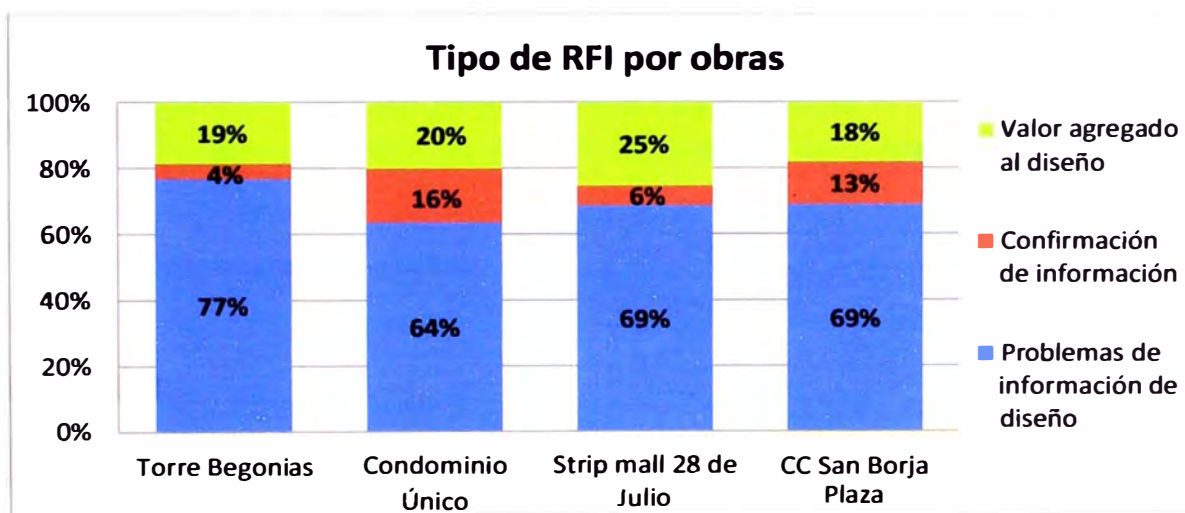


Figura N°3.18: Porcentajes de Tipos de RFI's por Proyecto

Según lo que notamos de la gráfica la mayor incidencia dentro de los tres tipos de RFI's que han tendido los cuatro proyectos en análisis son los "Problemas de información de diseño", el segundo lugar en cuanto al impacto del tipo de RFI's es el del "Valor agregado de diseño" y el tercero en impacto lo tiene el tipo "Confirmación de Información", vemos que éste orden se manifiesta en los 4 proyectos.

Entonces podríamos concluir que existe una tendencia de acrecentar los problemas de información de diseño en la mayoría de proyectos, esto implica que existen dibujos, documentos, muestras de materiales o información técnica que contienen errores en su planteamiento y esto se arrastra hasta la construcción originando re-trabajos, sobre tiempos y omisiones. Y como consecuencia sobre costos en el presupuesto inicial.

3.2.3.3. Número de RFI's por área construida

TABLA N° 5: N° de RFI por metro cuadrado construido

Obra	Cantidad de RFI	Área construida (m ²)	Ratio (N° RFIs/m ²)	Ratio (N° RFIs/m ²)
Condominio Único	277	33,900.00	8.17	6.07
Torre Begonias	603	62,000.00	9.73	
28 de Julio	117	50,000.00	2.34	
CC San Borja	644	160,000.00	4.03	

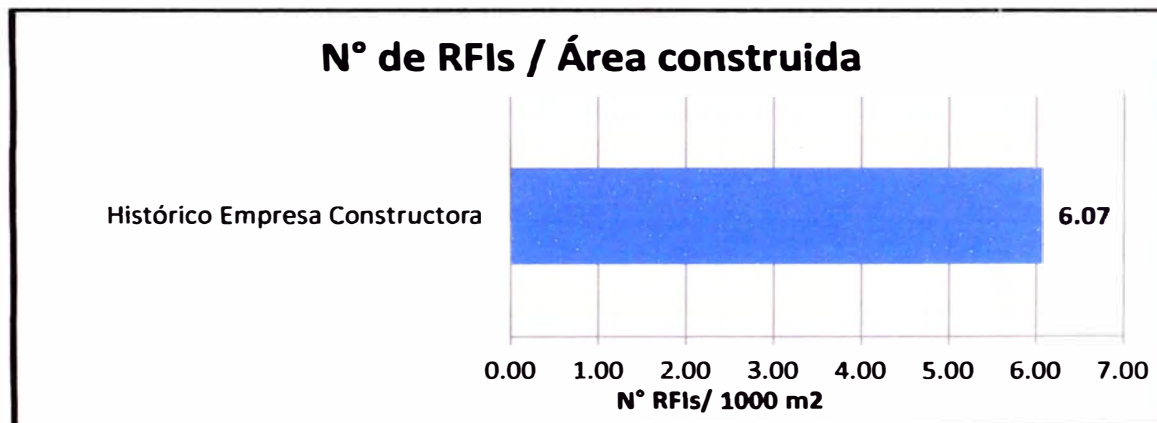


Figura N°3.19: Numero de RFI por cada mil metros cuadrados construidos

En la figura podemos apreciar que el ratio de RFI por cada mil metros cuadrados tiene un valor de 6.07, mientras que según un estudio el ratio máximo es de 3.08 RFI por cada mil metros cuadrados construidos, esto refleja de manera inmediata que las deficiencias de la documentación en los proyectos estudiados es dramática ya que supera con el doble el máximo establecido según estudios, aquello nos transmite un hecho rotundo, que hace falta un sistema que pueda mitigar las deficiencias en la documentación en la construcción actual.

3.2.3.4. Tiempo de respuesta al RFI

La emisión de los RFI están determinados por parte del contratista, en cuanto al tiempo que se requiere la información para asegurarse de que el proyecto no sufra retrasos dependerá directamente de la capacidad del equipo de diseño para responder dentro de un plazo determinado, de ese modo nos aseguramos que el impacto de la documentación deficiente no sea grave. Sin embargo, cuando se proporcionan las respuestas tardías, los retrasos ocasionados en la espera de la información requerida garantizan una reducción de la eficiencia del proceso de construcción. Mediante la medición de la magnitud de estos retrasos, se propone que el siguiente indicador de rendimiento, éste indicador puede proporcionar una medida de la gravedad del problema.¹³

$$PI = \frac{1}{Nc} \sum \frac{Ta - Tr}{Ta}$$

Donde:

Nc = Numero de RFI's

Ta = Tiempo de Espera (fecha de respuesta requerida-fecha de emisión de rfi en días)

Tr = Tiempo de desfase (fecha de respuesta -fecha de emisión de RFI)

Proyecto	<i>Nc</i>	$\sum \frac{Ta - Tr}{Ta}$	Índice de Latencia <i>PI₂</i>
Torre begonias	603	168.84	0.28
Condominio Único	277	144.04	0.52
Mall 28 de julio	118	53.1	0.45
Centro comercial San Borja	632	233.84	0.37

¹³ Deficiencia en el diseños y la documentación, Propuesta de Paul A. Tilley, Adam Wyatt y Sherif Mohamed 1997.

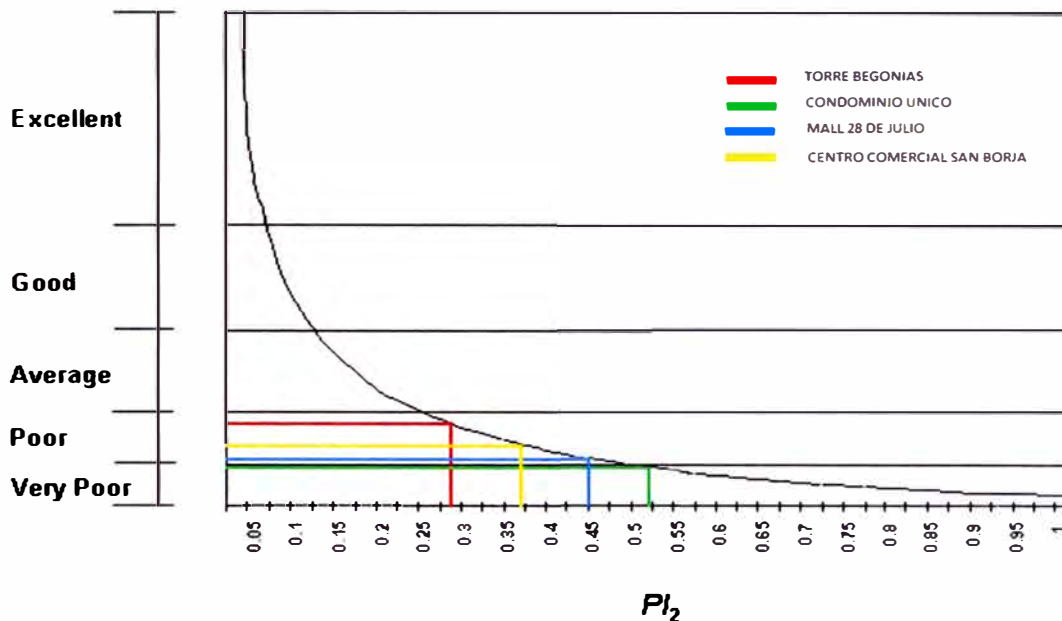


Figura N°3.20: Índice de tiempo de respuesta vs eficiencia del proyecto

La calidad del diseño y la documentación que se suministra, junto con su efecto sobre la eficiencia de los procesos de construcción, es de gran preocupación para muchas partes dentro de la industria de la construcción. Debido a esta preocupación, se consideró necesario un método para evaluar la deficiencia de diseño y la documentación para permitir comparaciones entre los cuatro proyectos en análisis.

En este capítulo se ha propuesto dos indicadores de rendimiento para resaltar áreas de deficiencia, mediante el análisis de los RFI's registrados. Factores tales como el número de emisiones de dibujo y revisiones, la duración del proyecto, valor del contrato, número de RFI emitidas y solicitadas y los tiempos de respuesta reales de los RFI individualmente, se utilizaron para desarrollar estos indicadores de rendimiento. Cuando el análisis de los registros de dibujo da una impresión general de la deficiencia del diseño y su documentación, el análisis de los registros de los RFI proporciona un método para la medición de su extensión y gravedad. Para apoyar a los indicadores propuestos, se analiza los datos recogidos a partir de cuatro casos de estudio de proyectos de construcción, lo que permite realizar comparaciones entre ellos. El análisis proporciona una evaluación numérica sencilla y directa por el cual la deficiencia de diseño y documentación pueden ser evaluadas y comparadas con la de otros proyectos.

CAPITULO IV: PROPUESTA BIM EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

4.1. LA METODOLOGÍA BIM

BIM (Building Information Modeling) es un nuevo acercamiento al diseño, construcción y gestión de los edificios. Se trata de una metodología que ya ha comenzado a cambiar la manera en la que se ven los edificios, cómo estos funcionan y la manera en la que los mismos se construyen. Se podría pensar en la Revolución Industrial del siglo XXI en lo que a la industria de la construcción se refiere. De hecho, si examinamos la situación de la industria de la construcción en Estados Unidos en comparación con el resto de industria no agrícola o ganadera vemos que la construcción ha ido decreciendo en productividad frente al resto, que han ido aumentando su productividad, Como muestra la figura 4.1

Las prácticas tradicionales contribuyen a pérdidas innecesarias y errores. Esta ineficacia se ve plasmada en el gráfico anterior. El impacto de un flujo pobre de información y la redundancia se refleja en los resultados de un estudio realizado por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (National Institute of Standards and Technology – NIST) (EE.UU).

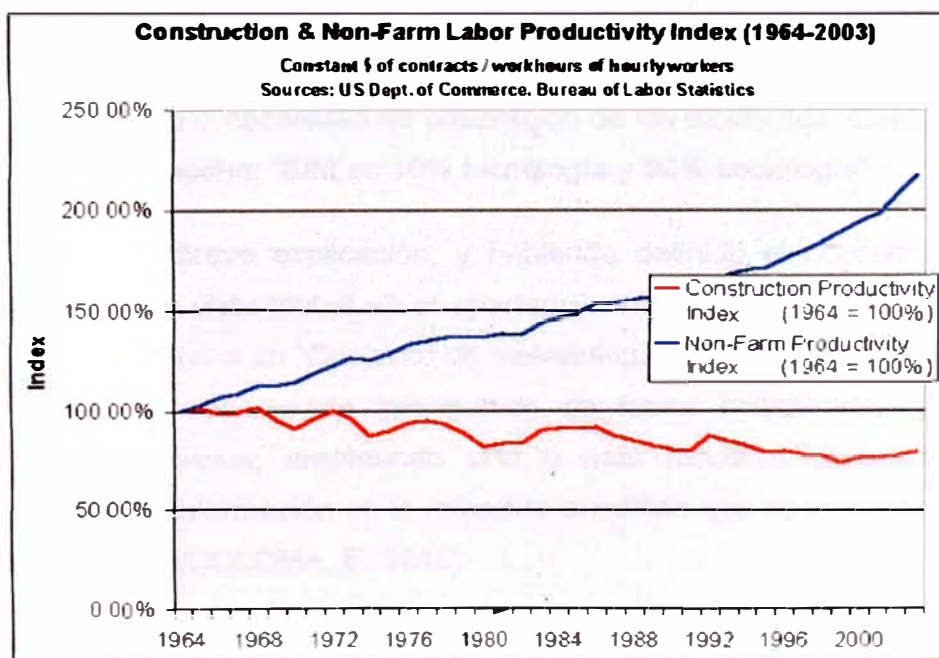


Figura N°4.1: Construcción no agrícola laboral 1964-2003 (U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, 2014)

Este estudio trata de identificar los costes adicionales en los que incurre el propietario de un edificio como resultado de una inadecuada interoperabilidad.

El mencionado estudio incluye tanto el intercambio de información como la gestión de la misma; en la que sistemas individuales son incapaces de acceder y usar la información proveniente de otros sistemas.

En la industria de la construcción, la incompatibilidad entre sistemas generalmente impide que los miembros del equipo de proyecto puedan intercambiar la información de manera precisa y rápida; este hecho es la causa de numerosos problemas en el proyecto como pueden ser el aumento de costes y plazos.

La adopción de una metodología BIM y el uso de modelos digitales integrados durante todo el ciclo de vida del edificio supone un paso en la buena dirección para la eliminación de costes resultantes de una incorrecta interoperabilidad de datos. Pero el simple hecho de utilizar un modelo digital no es suficiente.

Se deben incorporar nuevos procesos y adaptar los ya existentes. Esto, siguiendo con la analogía de la Revolución Industrial, supone un cambio cultural y sociológico en la manera de entender el ciclo de vida del proceso constructivo. Esta última afirmación es vital para entender que no solo estamos hablando de nueva tecnología o de evolución de la ya existente, estamos hablando de nuevos procesos de trabajo o necesidad de adaptación de los existentes. Existe una cita para explicar este hecho: "BIM es 10% tecnología y 90% sociología"

Después de esta breve explicación, y habiendo definido el concepto de BIM desde un punto de vista global en el apartado anterior, podríamos aproximar la definición del término a un "Conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizadas por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando uno o más modelos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir u operar" (COLOMA, E. 2010)

El objetivo final de la metodología BIM es evitar la pérdida de valor de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto con el método tradicional existente, y que obliga a un mayor esfuerzo de producción de información en las

distintas fases del proyecto. Este resultado de aplicación de la metodología BIM en el valor de la información se puede ver de manera clara en la figura 4.2.

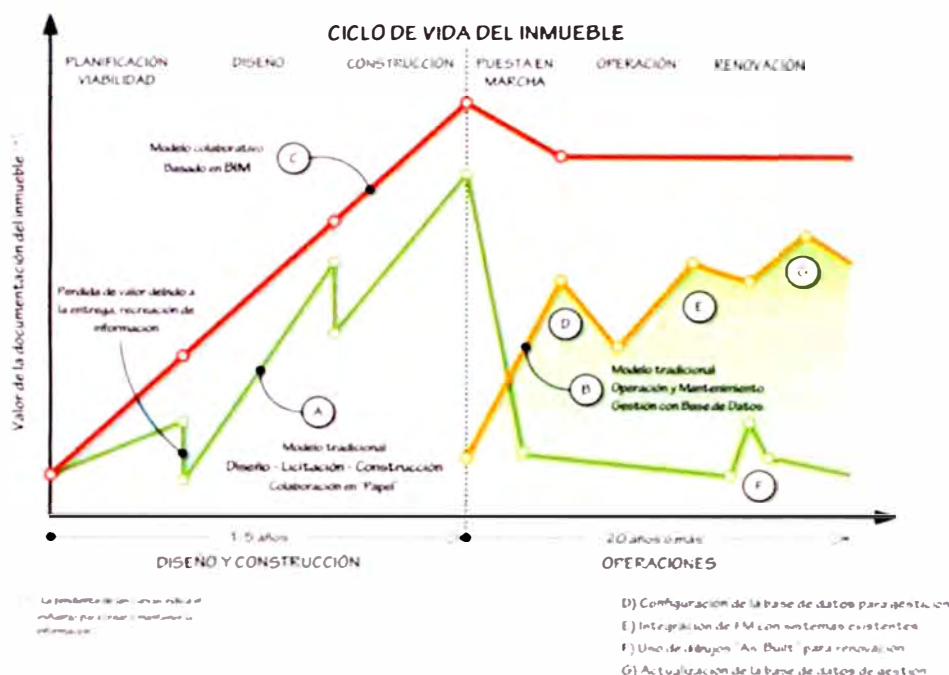


Figura N°4.2: Representación gráfica de las pérdidas de datos durante el tiempo de vida de un edificio (EASTMAN, C. 2011)

El proceso de trabajo en BIM mantiene una línea de constante crecimiento del valor de la información frente a la rotura y pérdida de información en el proceso tradicional.

Para la realización de esta premisa de no perder valor de la información se precisa un cambio en el proceso de toma de decisiones para que estas sean tomadas en edades tempranas donde la capacidad de influir positivamente en el coste final de un edificio es muy alta frente al coste de ejecutar una acción que es muy bajo. Este paradigma se refleja en la ya conocida como Curva de MacLeamy, debido a la difusión que le dio su autor:

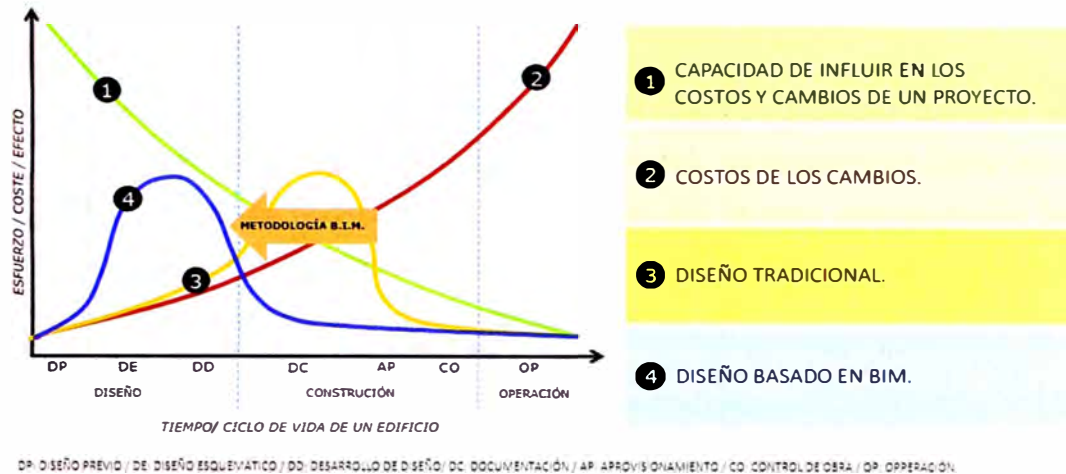


Figura N°4.3: Curva de esfuerzo del proceso constructivo (MACLEAMY)

En esta gráfica se comparan las curvas del esfuerzo en un proceso tradicional frente a un proceso BIM con respecto a la capacidad de influir en el coste final con un cambio y el coste de dicho cambio a lo largo del ciclo de vida del inmueble.

Esta realidad ha llevado a nuevas metodologías de desarrollo del proyecto como puede ser la Entrega Integrada de Proyecto (IPD) (Integrated Project Delivery) difundida por el Instituto Americano de Arquitectos (AIA). Se trata de una alianza de colaboración entre personas, sistemas, estructuras de negocio y prácticas en un proceso que aprovecha los talentos y puntos de vista de todos los participantes para optimizar el resultado del proyecto, aportar mayor valor al propietario, reducir los residuos, maximizar la eficiencia a lo largo de todas las fases de diseño, fabricación y construcción.

Existen ocho tareas secuenciales principales en el método del IPD:

4.1.1. Fase de Conceptualización:

(Programación ampliada): Determinar QUÉ, QUIÉN y CÓMO se va a construir.

4.1.2. Fase de Criterios de Diseño:

(Desarrollo del diseño esquemático): Durante los criterios de diseño, el proyecto empieza a tomar forma. Las principales opciones son evaluadas, probadas y seleccionadas.

4.1.3. Fase de Diseño Detallado:

(Desarrollo del diseño ampliado): La fase de diseño detallado concluye el QUÉ de la fase del proyecto. Durante esta fase, todas las decisiones clave de diseño quedarán resueltas. Comprende gran parte de lo que queda de la fase de Proyecto de Ejecución en la práctica tradicional, por lo que la fase de diseño detallado implica mucho más esfuerzo que la fase de desarrollo del diseño tradicional.

4.1.4. Fase de Implementación de Documentos:

(Documentos de construcción): Durante esta fase, el esfuerzo se desplaza del QUÉ está siendo creado para documentar CÓMO se implementará. El objetivo de la fase (ID) de identificación es completar la determinación y documentación de CÓMO se implementarán las condiciones de diseño, si no se modificarán o si se desarrollarán. Esta fase genera los documentos que terceros utilizarán para autorizar, financiar y establecer fines reglamentarios. Debido a que la fase de diseño detallado concluye con el diseño y todos los sistemas de construcción "definidos, coordinados y validados", la fase de Documentos de Implementación comprende menos esfuerzo que la fase de Proyecto de Ejecución tradicional.

4.1.5. Fase de Revisión de Agentes:

El uso temprano de BIM, y la validación por las Administraciones acorta el proceso final de la obtención de los permisos. La revisión por parte de las Administraciones comienza al inicio de los criterios de diseño. Esta participación temprana minimiza los comentarios de las Administraciones y los cambios necesarios en el diseño que se presentó para la obtención de los permisos. Los modelos tienen la capacidad de proporcionar información acerca de la construcción, ya sea directamente o a través de bases de datos vinculadas que pueden agilizar la supervisión del proyecto por parte de la Administración, de acuerdo a los criterios normativos.

4.1.6. Fase de Adquisición:

IPD asume la participación temprana de los contratistas y proveedores, por lo que la adquisición de los paquetes de trabajo se produce en función de la variación de los precios en las fases de diseño, definido en los

Documentos de Implementación. La fase IPD de Adquisiciones es mucho más breve que en los métodos tradicionales de entrega, ya que la mayor parte del trabajo ya está contratado con anterioridad.

4.1.7. Fase de Construcción:

(Administración de Contratos de Construcción): En la fase de construcción, se observan los beneficios del proceso integrado. En los métodos tradicionales, los arquitectos consideran en su contrato de construcción la etapa final de diseño como la última oportunidad para abordar las cuestiones y alcanzar soluciones. Pero en la Entrega Integrada de Proyectos, el diseño y su implementación se finalizan durante el diseño. Por lo tanto, la administración del contrato de construcción es principalmente una función de control de calidad y control de costos. Debido al mayor esfuerzo realizado en las fases de diseño, la construcción bajo IPD será mucho más eficiente.

4.1.8. Fase de Liquidación:

El modelo inteligente en 3D ya puede ser entregado a su propietario. El cierre de un proyecto integrado depende en gran medida de las condiciones de negocio acordados por las partes. Por ejemplo, si la estructura de negocio contiene incentivos de compensación o sanciones, la liquidación incluye sus cálculos.

Algunos problemas, sin embargo, como las obligaciones de garantía, de ocupación, y la notificación de finalización, permanecen sin cambios debido a los requisitos reglamentarios y legales. Otras cuestiones, como la corrección de la lista de verificación, no se ven afectadas de manera significativa por la IPD.

4.1.9. Gestión de las Instalaciones:

A partir del momento en el que se entrega el modelo al cliente, éste puede hacer uso del mismo para facilitar las labores de mantenimiento de las instalaciones, facilitando la gestión del Facility y de la gestión de activos inmobiliarios.

La adopción de IPD como un estándar para la buena práctica de colaboración en proyectos de construcción presenta sus propios problemas. Como la mayoría de los proyectos de construcción implican actores dispares, las soluciones de TI tradicionales no son propicias para el trabajo colaborativo. Compartir archivos

adjuntos de gran tamaño, detrás de cortafuegos, mediante correo electrónico y la posibilidad de ver todo tipo de tipos de archivo sin el software nativo de todo, hacen que el IPD no sea sencillo.

La necesidad de superar los retos de colaboración ha sido uno de los factores que impulsan el crecimiento de la tecnología de colaboración en la industria de la construcción y hace más necesario una adecuada gestión de los procesos involucrados en los proyectos.

4.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El modo tradicional de gestionar el proceso constructivo puede evolucionar con la utilización de la metodología BIM. Empleando técnicas tradicionales se observan deficiencias en los documentos contractuales de diseño, que tendrán sus consecuencias en la etapa de construcción (Véase la Fig. 4.4).

La escasa o nula participación del contratista en la fase de diseño es otro de los factores de error en el construcción, a pesar de ellos asume los riesgos de desviación en los costes y plazos.

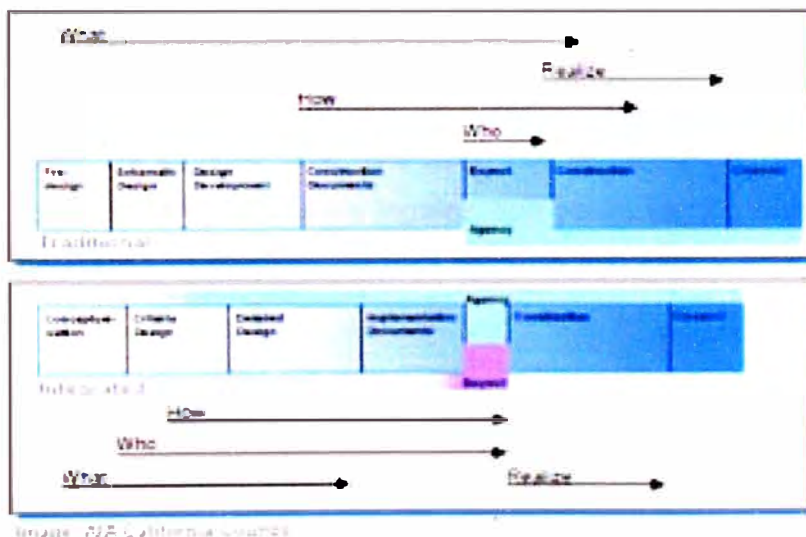


Figura N°4.4: Entrega de proyectos integrada (IPD) (AUTODESK, 2014)

En cuanto a la comunicación, el intercambio de la información presenta pérdidas en el paso de una fase a otra del ciclo de vida del proyecto.

Los riesgos que se asumen en la construcción del proyecto al no haber elaborado una pre-construcción al inicio de los trabajos, podrían verse

minimizados teniendo en cuenta estas pautas. Del mismo modo se logra minimizar los riesgos que se asumen en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.

La incertidumbre del cumplimiento de la eficiencia energética sin haber elaborado previamente pruebas, puede poner en riesgo la certificación final de la misma.

4.3. NIVELES DE MADUREZ Y DIMENSIONES BIM

Los niveles de madurez y desarrollo de BIM han sido ampliamente discutidos por distintos autores (*Kassem y otros 2014; Succar 2009*). El BewRichards BIM Maturity Model (ver Figura 4.5) (*Bew y Richards 2008*) es el modelo más utilizado en la industria o en las organizaciones y es el adoptado por el Reino Unido. Este modelo identifica el “Nivel 0” como aquel en el que se utiliza todavía el CAD como sustituto de los planos tradicionales en papel. El “Nivel 1” comienza con la introducción de prácticas para la gestión de la producción, la distribución y la calidad de la información de la construcción, incluyendo los generados por sistemas CAD, usando un proceso normalizado para la colaboración. El “Nivel 2” supone la gestión con herramientas BIM de entornos 3D de las distintas disciplinas del proyecto y los datos asociados. Por último, el “Nivel 3” supone la integración de los datos en servicios web que permitan la colaboración y la interoperabilidad. Es el nivel más avanzado por el momento. Tanto el nivel 2 como el 3, presentan implicaciones legales que están siendo objeto de mucha atención en distintos estudios científicos y técnicos (*Olatunji, 2011*).

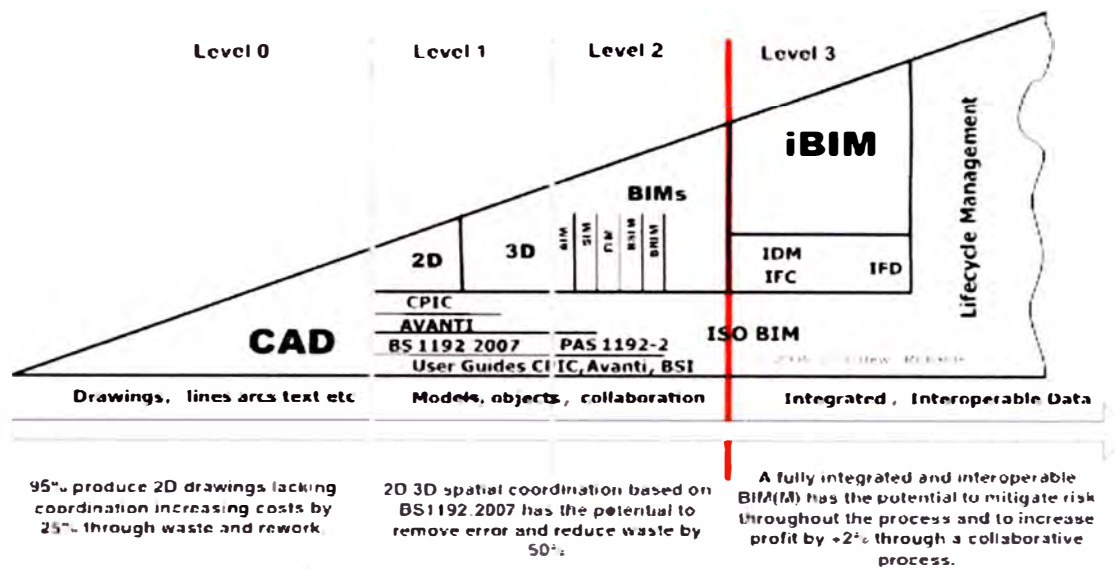


Figura N°4.5: Bew Richards BIM Maturity Model

Este nuevo contexto de gestión de proyectos centrado en un modelo único ha dado lugar a lo que se denominan las dimensiones BIM. La dimensión 2D (Drawing) se refiere a los planos CAD tradicionales (líneas, imágenes, rendering). La 3D (Model) supone disponer de un modelo 3D que nos permita navegar por él, detectar colisiones, realizar simulaciones a nivel inicial de las fases de obra o permitir montar una maqueta virtual. La dimensión 4D (Time) añade la programación detallada de obra, con información de las actividades previstas. La dimensión 5D (Costo) supone la inclusión de información de la medición y el coste en el modelo BIM. Las dimensiones 6D y 7D están asociadas con los análisis de sostenibilidad y la gestión y operación de las infraestructuras.

4.4. ELEMENTOS DE UN PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO PARA UNA IMPLEMENTACIÓN BIM

Una Planificación Estratégica ayuda a asegurar que una organización esté lista para la implementación de un nuevo proceso o tecnología con recursos planificados. Si se aplica correctamente, puede promover la colaboración dentro de una organización y reducir en gran medida las posibilidades de fracaso. Varios beneficios obtenidos a través de la creación de un plan estratégico BIM incluyen el desarrollo de:

- Una comprensión clara de los objetivos de la organización y los objetivos de BIM en un plazo determinado.

- La asignación eficaz de recursos de la organización para las competencias clave y prioridades BIM.
- La provisión de un punto de referencia a partir del cual el progreso en cada una de las categorías de competencia puede ser medido a hitos para evaluar las transiciones.
- La promoción del trabajo en equipo y una perspectiva integrada para la planificación con múltiples opiniones de diferentes individuos dentro de una organización.

Al igual que cualquier nuevo proceso, aplicación BIM dentro de una organización tiene una curva de aprendizaje asociada a ella. Esto es de importancia para las organizaciones con relativamente baja o ninguna experiencia con BIM, como la falta de familiaridad puede llevar a riesgos a lo largo de las fases de ejecución. Con una planificación más detallada, una organización será capaz de lograr una mayor claridad del proceso, lo que reducirá los riesgos y aumentar el valor global de la aplicación.

4.4.1.El Comité de Planificación BIM

Un Comité de Planificación BIM debe ser montado antes del inicio de la planificación estratégica. Los miembros del equipo deben incluir a las personas que tienen conocimientos y experiencia con BIM y sus procesos, y debe representar un grupo diverso de miembros de toda la organización. En los casos en que la organización no puede compilar un Comité de Planificación con experiencia BIM anterior, puede ser ventajoso para solicitar la ayuda de los ejecutores BIM de terceros. El Comité de planificación debe incluir lo siguiente:

4.4.1.1. Líder BIM

Una persona que es técnicamente cualificado y motivado para guiar una organización para mejorar sus procesos mediante la promoción de la adopción, la gestión de la resistencia al cambio, y velar por la aplicación de una nueva tecnología o un proceso, debe ser seleccionado para dirigir la iniciativa BIM. El Campeón BIM debe tener la capacidad de dirigir los fondos y el personal que sea necesario para apoyar los esfuerzos de BIM. Es importante que una persona con autoridad, liderazgo y motivación se selecciona para defender este proceso.

4.4.1.2. Representación Ejecutiva

Sin la participación de ejecutivos de alto nivel, lo más probable es que el equipo de planificación no será capaz de obtener los recursos necesarios para planificar y poner en práctica las recomendaciones que se desarrollan. Con la inclusión de los ejecutivos, las decisiones clave de proceder se facilitan más fácilmente.

4.4.1.3. Representación de Mandos Medios

Los mandos intermedios son responsables de la operación de sus departamentos y alcanzar los objetivos fijados por el proceso de planificación. Son los responsables de las operaciones diarias de su división de monitoreo y delegar el trabajo a la mano de obra técnica. Estos administradores deben participar en el núcleo de la planificación necesaria para gestionar la resistencia al cambio que pueda ocurrir durante la fase de aplicación BIM.

4.4.1.4. Representación técnica como fuerza de trabajo

La mano de obra técnica incluye el personal que está directamente involucrado con la tecnología y los procesos que impulsan la implementación de BIM en una base diaria. Son los empleados con más experiencia en cuanto a las operaciones, y que implementan y usan tecnologías para mejorar los procesos dentro de la organización. Son propensos a ser los más afectados por cualquier proceso de adopción de BIM. Siendo responsable de los procesos de trabajo que están sujetas a cambios debido a la integración de BIM, que son también los más propensos a resistir el cambio. La participación de la población activa en la planificación puede ser muy beneficioso para el comité, ya que su participación puede ayudar a fomentar la aceptación de los nuevos procesos y proporcionar información a los retos en los procesos de modificación. Al montar el Comité de Planificación de BIM, ciertas consideraciones se deben dar a la participación de personal con responsabilidades y capacidades específicas que incluyen:

- Un individuo o individuos que puedan defender la planificación de toda la organización

- Los que toman la decisión y tienen la autoridad para otorgar acceso a los recursos requeridos por el equipo. (por ejemplo el tiempo, la financiación, el personal y la infraestructura)
- Las personas que pudieran resultar afectadas directamente por la adopción o el cambio
- Individuos motivados que pueden contribuir al proceso y son de apoyo de la mejora del proceso a través del cambio.
- Los ejecutores del proceso BIM
- Las personas que sean capaces de controlar el progreso y gestionar el proceso de cambio

4.4.2. Los Elementos de Planificación BIM

A lo largo de todas las etapas de Planificación Estratégica, hay seis elementos básicos, que se refieren como el "Elementos de Planificación BIM" que debe ser evaluada. Los elementos de planificación BIM son:

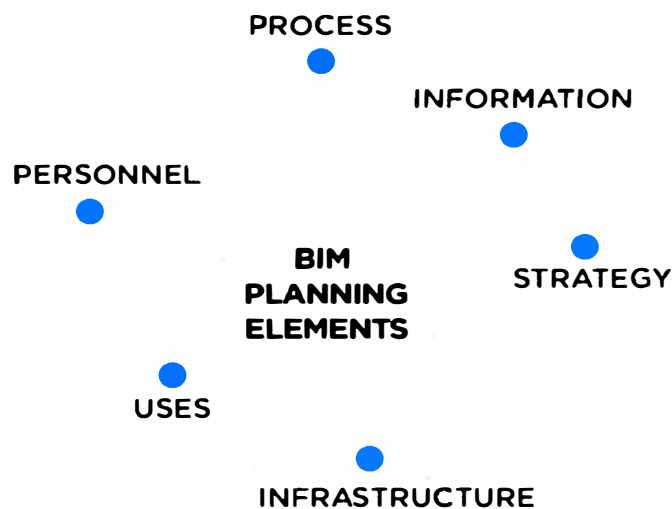


Figura N°4.6: Los elementos de planeamiento BIM

4.4.2.1. Estrategia

Define las metas y objetivos BIM; evalúa la preparación para el cambio; y la gestión de recursos y apoyo.

El primer paso en la planificación estratégica es llevar a cabo una evaluación de la organización. La evaluación incluye la inspección de la organización tanto a nivel interno, para determinar la situación actual, y externamente, para determinar su rendimiento dentro de su mercado de negocios. El objetivo de este proceso es identificar posibles áreas de adopción e implementación de nuevos procesos y tecnologías.

- **Documentar la implementación actual del BIM**

El Comité de Planificación debe medir la madurez de los Elementos de Planificación BIM. Un perfil de Evaluación BIM de la organización ha sido desarrollado para ayudar al Comité de Planificación de evaluar el nivel de madurez actual de cada uno de los elementos.

Hay una serie de enfoques que la organización puede utilizar para recopilar información para evaluar su estado. El método más común y eficiente de recopilar la información requerida es mediante la realización de entrevistas con el personal de la unidad de funcionamiento que están directamente involucrados con el desempeño de la organización. Otros métodos que complementan este proceso incluyen encuestas de organización de ancho análisis de documentos, observaciones de procesos y análisis de flujo de trabajo. Ejemplos de preguntas que podrían utilizarse para evaluar el estado actual de una organización y sus unidades podrían estar relacionados con los derechos de la unidad organizativa, información que manejan, proceso de gestión de la información, algunos de los desafíos asociados con el proceso, etc.

El perfil de evaluación organizacional BIM es una matriz, que ha sido desarrollado con el propósito de evaluar la madurez de los Elementos de Planificación de la organización. El primer paso es determinar el nivel de madurez actual de cada uno de los elementos de planificación. Esto se puede lograr al anotar su madurez en base a la descripción dada en la matriz. El perfil proporciona una descripción básica de cada uno de los niveles de madurez identificados dentro de los elementos de planificación. El nivel de madurez comienza con cero (0), que representa la no existencia o la no utilización de este elemento dentro de la organización, y continúa al nivel cinco (5) en el que se optimiza el elemento de planificación. Al utilizar el perfil de evaluación, la organización puede documentar rápidamente el estado de aplicación para cada

categoría. La Tabla N°7 muestra una sección del perfil organizacional Evaluación BIM, con un ejemplo del nivel de madurez actual resaltado.

En la realización del plan de implementación BIM de la corporación COSAPI los lineamientos que se tuvieron que seguir para poder deducir el nivel de madurez en el que se encuentra y hacia donde apunta tanto en Estrategia, Usos BIM, Procesos, Información, Infraestructura y Personal, se mostraran a continuación, esta implementación estuvo a cargo del equipo de soporte BIM de la Unidad de Edificaciones en coordinación con el Área BIM de Gerencia de Gestión de Operaciones (GGO). En la Tabla N°6 se muestra el orden de prioridades de los objetivos planteados en el año 2013 de los cuales se planea realizar una revisión el año 2014 y ver el estado de los objetivos planteados

TABLA N° 6: Objetivos planteados en el año 2013 por la empresa COSAPI

PRIORIDAD	OBJETIVO	DESCRIPCION
A	Centralizar y Monitorear	Poder centralizar el uso de la metodología BIM y el monitoreo del manejo BIM en cada proyecto de la unidad, de tal forma que cumpla con lo requerido por estos.
B	Difundir.	Difundir el conocimiento del uso de las herramientas BIM en la unidad.
C	Estandarizar	Estandarizar los procesos BIM en la unidad, de tal forma que todos los proyectos BIM tengan el mismo nivel de calidad

TABLA N° 7: Perfil organizacional de evaluación BIM del elemento de planificación estrategia

Elementos de Planificación	Descripción	Nivel de Madurez					Nivel Actual	Nivel Objetivo	Total posible	
		0 No Existente	1 En sus inicios	2 Gestionado	3 Definido	4 cuantitativamente Gestionado				5 Optimizando
Estrategia	La misión, visión, metas y objetivos, además de apoyo a la gestión, Champions BIM, y el Comité de Planificación BIM.									
Misión y Metas de la organización	Una misión es el propósito fundamental para la existencia de una organización. Las metas son objetivos específicos que la organización desea lograr.	Sin misión o metas de la organización	misión de la organización básica establecida	metas básicas establecidas de organización	Misión de los cuales se dirigió un propósito, los servicios, los valores (como mínimo)	La misión es específica, medible, alcanzable, relevante y oportuno	Misión y objetivos se revisan regularmente, mantienen y actualizan (si es necesario)	2	4	5
Vision y objetivos BIM	Una visión es una imagen de lo que una organización se esfuerza por convertirse. Los objetivos son tareas o pasos específicos que cuando se realiza mover la organización hacia sus objetivos	Sin la visión y los objetivos definidos BIM	Vision BIM básica establecida	Objetivos BIM básicos establecidos	Misión, visión, dirección, estrategia y cultura BIM	Los objetivos BIM son específicos, medibles, alcanzables, relevantes y oportuna	Visión y objetivos se revisan regularmente, mantienen y actualizan (si es necesario)	2	3	5
Apoyo a la gestión	¿A qué nivel es compatible con la gestión del proceso de planificación BIM?	Sin apoyo a la gestión	un apoyo limitado para el estudio de viabilidad	Soporte completo para la aplicación BIM con un poco de compromiso de recursos	Soporte completo para la implementación BIM con el compromiso de recursos apropiados	un apoyo limitado a los continuos esfuerzos con un presupuesto limitado	Soporte completo de los esfuerzos continuos	3	4	5
Lider BIM	Un Líder BIM es una persona que es técnicamente cualificado y motivado para guiar una organización para mejorar sus procesos empujando la adopción, la gestión de la resistencia al cambio y asegurar la implementación de BIM	Sin Líder BIM	Se identificó al Líder por un tiempo limitado, pero se comprometió a la iniciativa BIM	Líder BIM con el compromiso de tiempo adecuado	Múltiples Líderes BIM con cada grupo de trabajo	Líder BIM de un nivel ejecutivo con límite de tiempo de compromiso	Líder BIM a nivel ejecutivo trabajando estrechamente con el coordinador principal del grupo de trabajo	3	4	5
Comité de Planificación BIM	El Comité de Planificación de BIM es responsable del desarrollo de la estrategia de la organización BIM	Sin Comité de Planificación BIM establecido	Pequeño Comité Ad-hoc con sólo aquellos interesados en BIM	Comité BIM se formaliza pero no incluye todas las unidades operativas	Comité de Planificación BIM multidisciplinario establecido con los miembros de todas las unidades operativas	Comité de planificación incluye a los miembros de todos los niveles de la organización, incluyendo los ejecutivos	Las decisiones de planificación BIM están integradas con la planificación estratégica de la organización	2	3	5

TABLA N° 8: Resumen del análisis de planificación estratégica BIM

Estrategia			
Elementos de Planificación BIM	Nivel Actual	Nivel Objetivo	Posible Total
Misión y Metas de la Organización	2	4	5
Objetivos y Visión BIM	2	3	5
Apoyo a la Gestión	3	4	5
Líder BIM	3	4	5
Comité de planificación BIM	2	3	5
Total	12	18	25

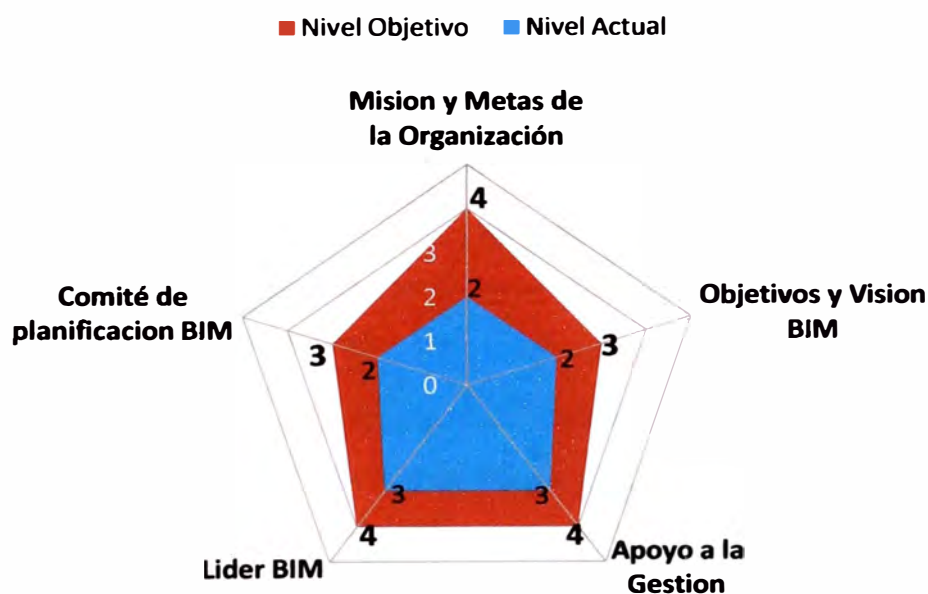


Figura N°4.7: Planificación de la Estrategia BIM de la Compañía

4.4.2.2. Determinando Usos BIM

Un uso BIM se define como un método o estrategia de aplicación del sistema Building Information Modeling durante el ciclo de vida de una edificación para lograr uno o varios objetivos específicos. Los usos BIM en esta etapa del proceso de planificación se identifican en base a las metas y objetivos. Por

ejemplo, si una organización quiere gestionar modelos de registro conforme a obra e información de mantenimiento en el equipo del edificio, a continuación, el modelado de registro y gestión de activos podrían contener usos BIM beneficiosos. Algunas de las metas y objetivos pueden implicar directamente la implementación específica de un BIM uso, mientras que otros pueden requerir varios usos para apoyar una meta.

TABLA N° 9: Usos BIM en función a las metas organizacionales

METAS	USOS BIM
Mejorar la calidad de la construcción	la revisión del diseño, coordinación del diseño en 3d, la fabricación digital
Reducir RFI's y ordenes de cambio	Revisión del diseño, coordinación 3D
Reducir el consumo de energía	Análisis energético, supervisión de la eficiencia
proporcionar a los gestores de los sistemas datos de las instalaciones mejoradas para el proceso de operación mantenimiento	registro del modelado, las condiciones existentes de modelado

Hay muchas maneras en las que BIM se puede utilizar para mejorar los procesos del titular de una instalación. El siguiente, aunque no es una lista exhaustiva, son algunos Usos BIM aplicables a los propietarios de las instalaciones. En la mayoría de los casos, los propietarios ya están realizando estos artículos a través de otros métodos, sin embargo, sin el contexto de BIM. La integración de los datos BIM y las instalaciones dentro de estas tareas permite la mejora de los procesos y, a menudo más rentable. Algunos de los más críticos usos BIM en operaciones incluyen:

- **El Registro de Modelado:** Es el proceso que se utiliza para describir una representación precisa de las condiciones físicas, el medio ambiente y los recursos de una instalación. El modelo de registro debe, como mínimo incluir información relativa a los principales elementos arquitectónicos, estructurales y MEP. Es la culminación de todo el Modelado BIM a lo largo

del proyecto, incluyendo la vinculación de funcionamiento, mantenimiento, y los datos de activos con el modelo conforme a obra (creada a partir del diseño, construcción, modelos 4D Coordinación, y modelos subcontratista de fabricación) para entregar un modelo histórico al dueño o administrador de las instalaciones. Información adicional, incluyendo los equipos y sistemas de planificación de los espacios puede ser necesario si el propietario tiene la intención de utilizar la información en el futuro.

- **Programación del Mantenimiento de edificios:** La programación del mantenimiento de edificios es un proceso en el que la funcionalidad de la estructura del edificio (paredes, suelos, techos, etc.) y equipos al servicio de la construcción (mecánica, electricidad, fontanería, etc.) se mantienen durante la vida operacional de una instalación. Un programa de mantenimiento con éxito mejorará el rendimiento del edificio, reducir las reparaciones, y reducir los costos de mantenimiento.
- **Análisis del sistema de construcción:** El Análisis del sistema de construcción es un proceso que mide el rendimiento de un edificio, se compara con el diseño especificado. Esto incluye cómo opera el sistema mecánico y la cantidad de energía que un edificio utiliza. Otros aspectos de este análisis incluyen, pero no se limitan a, los estudios de fachada ventilada, análisis de iluminación, el flujo de aire CFD interna y externa, y el análisis solar.
- **Gestión de Activos:** Es el proceso en el que un sistema de gestión organizado es bidireccionalmente vinculado a un modelo de historia para ayudar de manera eficiente en el mantenimiento y operación de una planta y sus activos. Estos activos, que consisten en la construcción física, sistemas, entorno, y el equipo, se deben mantener, actualizar y operar con una eficiencia que satisfará tanto al propietario y a los usuarios de la manera más rentable. Ayuda a la toma de decisiones financieras, a corto plazo y la planificación a largo plazo, y la generación de órdenes de trabajo programado. La Gestión de activos utiliza los datos contenidos en un modelo de ficha para rellenar un sistema de gestión de activos que luego se utiliza para determinar las consecuencias financieras de cambiar o actualizar los activos de construcción, segregar los costos de los activos a efectos fiscales

financieros, y mantener una base de datos amplia corriente que puede producir el valor de los activos de una empresa. El enlace bidireccional también permite a los usuarios visualizar el activo en el modelo antes de dar servicio potencialmente reduciendo el tiempo de servicio

- **Gestión y seguimiento de espacio:** Es un proceso en el que se utiliza BIM para distribuir, administrar y realizar de manera efectiva un seguimiento de espacios adecuados y los recursos relacionados dentro de una instalación. La aplicación del sistema BIM de un proyecto permite que el equipo de gestión de la instalación realice el uso actual del espacio y aplicar efectivamente la gestión de planificación de la transición hacia los cambios aplicables. Estas aplicaciones son particularmente útiles durante la renovación de un proyecto en el que los segmentos de construcción deben permanecer ocupada. Una Gestión y Seguimiento del espacio asegura la asignación adecuada de los recursos espaciales a lo largo de la vida de la instalación. Este uso se beneficia de la utilización del modelo de historia. Esta aplicación a menudo requiere la integración con software de seguimiento espacial.
- **Establecer niveles deseados de Madurez de Aplicación**

Después de haber asignado el estado de los elementos de Planificación dentro de la organización, los niveles deseados deben ser identificados en el perfil de vencimiento. Estos niveles deseados deben ser las áreas que deben alcanzarse para alcanzar los Objetivos de BIM. Una organización puede no necesitar para progresar al nivel cinco a obtenido el nivel de deseo de la aplicación BIM.

La adaptación a un nivel deseado de madurez puede requerir una cantidad considerable de tiempo. El Comité de Planificación no sólo debe identificar los niveles deseados, sino también investigar el nivel de esfuerzo y el horario potencial para hacer el cambio para informar a la planificación de sus etapas para la integración. Es importante tener en cuenta la diferencia entre el deseo y la capacidad de la organización para cambiar. Una organización debe entender que si bien podría desear para alcanzar un determinado nivel de madurez; también tiene que planificar el resultado en función de su capacidad para hacerlo durante un período realista.

Por último, debe tener en cuenta las interdependencias asociadas con cada uso de BIM. Al considerar un uso BIM, es útil para desarrollar un plan a largo plazo para trazar la progresión de BIM usos. Por ejemplo, si desea fabricación digital como BIM uso, puede requerir Diseño de creación y control de Coordinación 3D como requisitos previos.

TABLA N° 10: Perfil del elemento organizacional del Uso BIM

Elementos de Planificación	Descripción	Nivel de Madurez					Nivel Actual	Nivel Objetivo	Total posible
		0 No Existente	1 En sus Inicios	2 Gestionado	3 Definido	4 Cuantitativamente Gestionado			
Usos BIM	Los métodos específicos de aplicación de BIM						2	5	10
Usos en Proyectos	Los métodos específicos de la implementación de BIM en proyectos	Sin BIM Usos para los proyectos identificados	requisitos mín para el propietario	Los Usos requiere un mínimo de BIM	El uso extensivo de BIM con el intercambio limitado entre las partes	El uso extensivo de BIM con el intercambio de información entre las partes dentro de la fase de proyecto	1	3	5
Usos Operativos	Los métodos específicos de la implementación de BIM dentro de la organización	Sin BIM Usos de Operaciones identificadas	Registro (As-Built) modelo BIM recibido por las operaciones	los datos BIM son obtenidos de un registro importado o de referencia para usos operacionales	los datos BIM mantenidos de forma manual para usos operacionales	los datos BIM se integran directamente con los sistemas operativos	1	2	5

■ Nivel Objetivo ■ Nivel Actual

TABLA N° 11: Resumen de Usos BIM

Usos BIM			
Elemento de Planificación BIM	Nivel Actual	Nivel Objetivo	Posible Total
Usos en Proyectos	1	3	5
Usos Operativos	1	2	5
Total	2	5	10

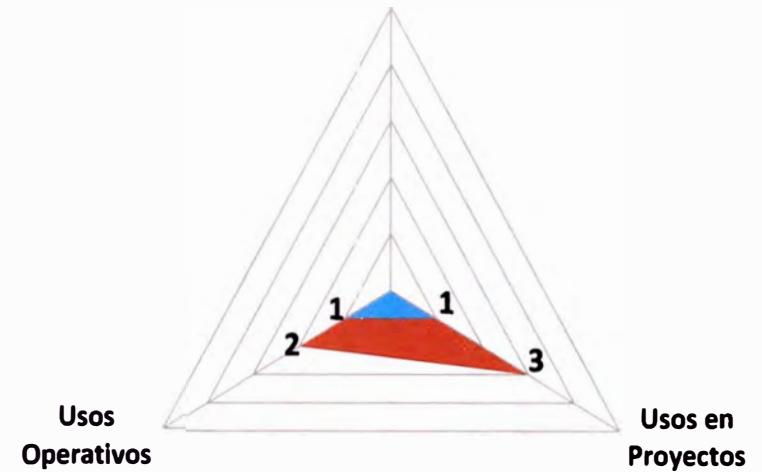


Figura N°4.8: Usos BIM Nivel Objetivo vs Actual

4.4.2.3. Diseño de Procesos integrados BIM

Es esencial comprender y documentar el estado actual de los procesos de la organización. Una vez que los procesos actuales estén documentados, se eligen aquellos que se convertirán en procesos BIM. Estas nuevas operaciones BIM integrado también deben ser bien documentados y se incluirán junto con las actividades de toda la organización.

- **Métodos de Documentación**

Hay varios métodos que pueden utilizarse para el mapeo de procesos. Algunos de los métodos más comúnmente utilizados incluyen la definición integrada (IDEF) con IDEF0 modelado funcional, Lenguaje Unido de Modelado (UML). Cada técnica de modelado de procesos tiene sus propias ventajas y efectos, y uno no es necesariamente mejor que otro. Cada organización debe seleccionar un nivel para ofrecer la coherencia en toda la organización. Muchas organizaciones ya tienen un estándar en su lugar y deben continuar con ese estándar. La ejecución de la Guía de Planificación del mapeo de un proyecto BIM se basa en un Proceso de Negocio de modelado. Una explicación de los símbolos dentro de la notación que se puede encontrar en la ejecución de proyectos BIM Guía de planificación. Además, los mapas de procesos ejemplo para un número selecto de la Utilización de BIM se pueden encontrar en la página web del proyecto.

- **Estructura organizacional y de procesos**

A diferencia de la fase construcción de un proyecto de edificación, que típicamente tiene un principio finito y final, la etapa de operación es un proceso continuo. Las operaciones de las instalaciones suelen consistir en múltiples y diferentes unidades operativas que han definido las tareas y responsabilidades. Son estas tareas y responsabilidades que debe quedar claramente documentados.

Hay varios métodos para lograr la documentación de la estructura organizativa. En la mayoría de los casos, las organizaciones tienen su estructura ya documentada. Esta documentación puede o no puede incluir tareas y responsabilidades. Otro método para documentar la estructura organizativa con

tareas y responsabilidades es reunirse con el representante de cada unidad operativa y juntos determinar las responsabilidades de la unidad. Además, el equipo de IMPLEMENTACIÓN BIM debe ser identificado dentro de esta estructura. Se pueden quedar fuera de la estructura primaria como su propia unidad de operación o puede ser alineado con múltiples unidades. Una vez que la estructura ha sido identificada, los usos BIM deberían ser seleccionados por la organización.

- **Procesos actuales**

Los procesos que integrarán BIM durante el transcurso del Plan de aplicación se asignan para proporcionar una comprensión básica del proceso actual y para ayudar con el desarrollo de un proceso de transición. Los procesos deben documentarse a través de reuniones con el jefe de cada unidad operativa o de reuniones con los ejecutores del proceso. Otra forma de documentar el proceso es a través de la observación de las tareas. El proceso también debe incluir los intercambios de información entre los grupos operativos. Después de una observación o una reunión, el proceso debe documentarse utilizando un mapeo de procesos decidida por el grupo. Después de que el proceso está documentado, los actores del proceso deberán revisar y editar el documento hasta que se representa con precisión el flujo de trabajo de la organización.

- **Procesos esperados**

Una vez que los procesos actuales estén documentados, el equipo de implementación, con la asistencia de los miembros de la unidad de operación, puede diseñar revisiones al mapa de proceso actual sugerido para incluir la integración de BIM. Esto incluirá la sustitución, adición o procesos de edición dentro del mapa con el fin de utilizar de manera más adecuada BIM. El mapa de procesos también deberá incluir cualquier información nueva o revisada

- **Formar tareas claras para la Transición**

Una vez que tanto los procesos existentes y de destino para cada uso BIM sean desarrollados y documentados, se debe desarrollar un plan de avance detallado de transición para cada uno de estos usos, esto con el objetivo de permitir una transición suave entre el proceso actual y el nuevo proceso. Es fundamental

identificar las tareas necesarias para la transición del proceso a un proceso integrado BIM. Las tareas deben incluir resultados mensurables e hitos con una línea de tiempo para la finalización de cada transición. Algunos elementos que deben considerarse son la compra de software, capacitación, creación de nuevos sistemas, creando pautas del proceso, y monitorear el progreso. Más tareas pueden necesitar ser determinado con base en el estado de la organización y la tarea específica, la cual se realiza la migración. Hay varias maneras de mostrar este proceso de transición que incluye, por ejemplo, una notación de mapeo de procesos o un método del camino crítico (CPM).

- **Plan de Transición general de la Organización**

Después de que el plan de transición detallado para cada uso BIM sea documentado, se debería crear un mapa general de transición para la duración del plan de implementación. Esto debe incluir la adopción de cada uso BIM en todos los niveles de madurez, junto con otros hitos críticos. El plan de transición debe incluir un cronograma para la realización de las etapas y se pueden mostrar usando varios métodos, incluyendo la elaboración del mapeo de procesos o un programa de CPM. La línea de tiempo debe reflejar las transiciones en el proceso durante el período de planificación.

En Cosapi S.A se realizó este análisis durante la etapa de implementación (mayo 2013) en el cual se evaluó la situación en la que se encontraba con respecto a la integración de nuevos procesos BIM a sus procesos ya establecidos y documentados en el manual de gestión de proyectos.

TABLA N° 12: Perfil de la Implementación de procesos BIM en una organización (mayo 2013, Cosapi)

Elementos de Planificación	Descripción	Nivel de Madurez						Nivel Actual	Nivel Objetivo	Total posible
		0 No Existente	1 En sus Inicios	2 Gestionado	3 Definido	4 Cuantitativamente Gestionado	5 Optimizando			
Procesos	Los medios por los cuales se logran los usos BIM							2	7	10
Procesos del Proyecto	La documentación de los procesos externos BIM de un proyecto	No hay procesos BIM externos de proyectos documentados	proceso BIM de alto nivel documentada para cada Parte	proceso integrado BIM de alto nivel documentado	proceso BIM detallado y documentado para usos primarios BIM	proceso BIM detallado y documentado para todos los usos BIM	proceso BIM detallado y documentado, regularmente mantenido y actualizado	1	4	5
Procesos en la organización	La documentación de los procesos internos BIM de la organización	No hay procesos BIM organizativos internos documentados	proceso BIM de Alto Nivel documentada para cada unidad operativa	proceso de organización de alto nivel integrada documentado	proceso BIM detallado y documentado para usos principales de la organización	proceso BIM detallada documentado para todos los usos BIM	Proceso BIM detallado y documentado, regularmente mantenido y actualizado	1	3	5

■ Nivel Objetivo ■ Nivel Actual

TABLA N° 13: Resumen del elemento de planificación "Proceso"

Procesos			
Elemento de Planificación BIM	Nivel Actual	Nivel Objetivo	Total Posible
Procesos del Proyecto	1	4	5
Procesos Organizacionales	1	3	5
Procesos	2	7	10

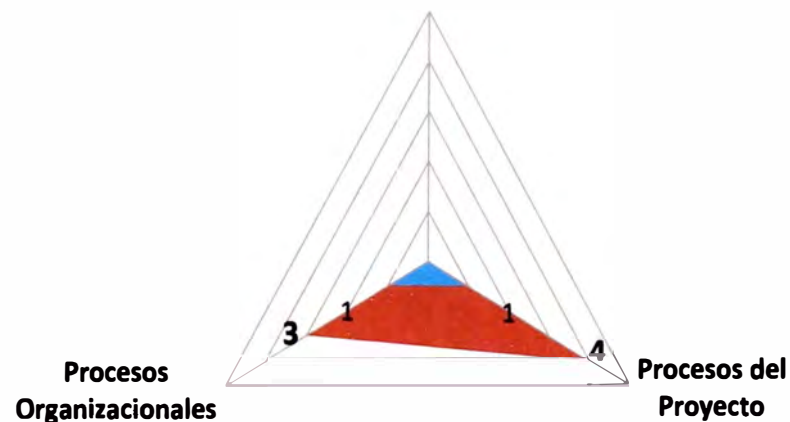


Figura N°4.9: Nivel Actual vs Nivel Objetivo de los Procesos

4.4.2.4. Determinando la documentación de la información.

Para cada grupo de trabajo el proceso definido previamente, el modelo y la instalación de los requisitos de datos geométricos han de ser definidos y documentados. A continuación los requisitos de información se deben resumir y compilar en los requisitos generales de información de la organización. Hay dos elementos principales a tener en cuenta al determinar las necesidades de información: los modelos y los datos geométricos de las instalaciones. El modelo geométrico es una representación electrónica en tres dimensiones de los elementos de las instalaciones con los datos de atributos asociados inteligentes (datos de instalación). Los datos no gráficos que se puede almacenar dentro de los objetos del modelo geométrico definen diversas características del elemento. Los datos del servicio pueden incluir propiedades o atributos tales como los datos de fabricación, los materiales y los números de identificación del proyecto. Es importante tener en cuenta ambos tipos de información en la definición de los requisitos de información.

- **Cómo determinar las necesidades de información**

El método más completo para determinar las necesidades de información es mediante entrevistas a las partes interesadas clave en cada grupo de trabajo. Esto puede llevarse a cabo durante el proceso de documentación o en las reuniones de seguimiento separadas. Como alternativa, es posible hacer que el equipo de implementación BIM cree un reporte inicial que contengan las necesidades de información.

Si la organización no define las necesidades de información, el equipo de implementación de BIM puede determinar que es más beneficioso para adoptar en función a las necesidades de información documentados por otras organizaciones. Organizaciones tales como el Sistema de Salud del Departamento de Defensa Militar, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, Oficina de y el Departamento de Asuntos de Veteranos, junto con otros, tienen necesidades integrales de información documentados en su contrato, que está disponible gratuitamente. Para determinar las necesidades de información para el grupo de trabajo u organización, cuatro preguntas primarias deberán dirigirse:

- ✓ ¿Qué elementos u otra información (por ejemplo, ambientes) del edificio se necesita hacer un seguimiento y cuan beneficioso seria
- ✓ ¿Qué información es beneficiosa para que se muestre geoméricamente (en un modelo) y qué información está mejor representada en una hoja de cálculo o base de datos?
- ✓ ¿Cuál es el nivel de desarrollo necesario para cada elemento del modelo para poder recibir el beneficio?
- ✓ ¿Cuáles son las propiedades o los datos de los elementos de construcción que deben ser documentados, incluyendo aquellos en los que se realiza un seguimiento en la actualidad y a los que se le realizaría en un futuro.
- **Seleccionar una estructura de desglose de los elementos del modelo para la Organización.**

Para realizar la transferencia sin problemas de una aplicación a otra, la información debe ser clasificada de acuerdo a un estándar de los elemento del modelo. Para responder a las cuatro preguntas anteriores para cada unidad operativa, el equipo de implementación de BIM debe utilizar una estructura de división de los elementos similar a las necesidades de información mostrado en la Tabla 14. Existen diferentes tipos de estructuras de desglose para los elementos del modelo que se pueden utilizar dependiendo de la granularidad que la organización desea documentar.

- **Determinar las necesidades de modelos BIM**

Una vez que una estructura de desglose de los elementos del modelo ha sido seleccionada por la organización, las necesidades de cada elemento del modelo para cada grupo de trabajo deben determinarse. Pasando a través de cada dato de los elementos del proyecto y la determinación de si una visualización de ese elemento sería beneficioso para el grupo de trabajo puede lograr esto, a esto llamamos granularidad.

- **Determinado los niveles de desarrollo**

Si se ha determinado que un elemento del modelo es valioso para el grupo de trabajo, este grupo a continuación, determinara lo que es necesario para el Nivel de Desarrollo (LOD) y poder lograr el beneficio para ese elemento del modelo específico. El nivel de desarrollo describe el grado de integridad a la que se desarrolla un Modelo de Elementos. Hay varias maneras de que el nivel de desarrollo pueda ser documentado. Un indicador para el nivel de desarrollo, tal como se encuentra en la siguiente lista y de este modo se pueda utilizar para representar fiabilidad geométrica.

- ✓ tamaño y localización precisa, como los materiales y parámetros de objetos.
- ✓ tamaño y localización en general, incluyen datos de parámetros
- ✓ tamaño y localización esquemática

Una opción más detallada para seleccionar el nivel de desarrollo (LOD) se define en la especificación del modelo adoptado en la y AIA (Instituto Americano de Arquitectos). Este nivel de desarrollo es actualmente el desglose más ampliamente aceptada en la industria. Las descripciones están en el proceso de actualización, sin embargo el listado anterior muestra un ejemplo del nivel de las descripciones de desarrollo. Un formato adicional también ha sido propuesto por el cuerpo de ingenieros del Ejército de los EE.UU., que es la matriz de modelos mínimo (M3) que está disponible en <https://codbim.usace.army.mil/>. Si es posible, se recomienda que, como mínimo, una organización podría seleccionar un estándar de la industria.

TABLA N° 14: Niveles de desarrollo de un modelo BIM

Nivel de Desarrollo	Descripción
Diseño de Modelo Esquemático LOD 100	El Edificio puede ser modelado en tres dimensiones o representado por otros datos que se utilizaría para indicar las áreas, las alturas, los volúmenes, la ubicación y la orientación.
Diseño del Modelo Desarrollado LOD 200	Los elementos del modelo se modelan como sistemas o conjuntos con cantidades aproximadas y generalizadas, tanto en

	tamaño, forma, ubicación y orientación. La información no geométrica también puede estar unido a los elementos del modelo
Diseño del Modelo para la documentación LOD 300	Elementos del modelo son modelados como conjuntos específicos precisos en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. La información no geométrica también puede estar unido a los elementos del modelo
Modelo para la construcción LOD 400	Los elementos del modelo son modelados como conjuntos específicos que son precisos en términos de tamaño, forma, ubicación y orientación con información que detalla la completa fabricación y montaje. La información no geométrica también se puede unir a los elementos del modelo
Modelo para el Registro LOD 500	Los elementos del modelo se modelan como montajes construidos reales y precisos en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación. La información no geométrica también puede estar unido a elementos modelados

- **Compilar las necesidades de información de organización**

Después de que ambas necesidades, de modelo y de información, han sido determinadas para cada unidad operativa, deben ser compilados en una lista única de las necesidades de información de la organización. Esto se puede lograr mediante la selección del nivel más alto de desarrollo o cada elemento de modelo y mediante la compilación de los elementos de los datos del proyecto. Una vez que todas las necesidades de información se compilan, se utilizan como una estructura central para todos los datos del modelo y de las instalaciones de información necesita toda la organización. Puede ser beneficioso para identificar tanto los elementos de información requeridos y opcionales ya que hay un costo para recopilar la información para cada proyecto, y el propietario debe tener en cuenta el coste de valor para los elementos de información.

TABLA N° 15: Perfil de necesidades de información BIM en una organización (mayo 2013, Cosapi)

Elementos de Planificación	Descripción	Nivel de Madurez					Nivel Actual	Nivel Objetivo	Total posible	
		0 No Existente	1 En sus inicios	2 Gestionado	3 Definido	4 Cuantitativamente Gestionado	5 Optimizando	3	10	15
Información	Las necesidades de información se refieren al modelo de niveles de desarrollo y requisitos de datos del establecimiento									
Desglose de elementos del modelo	Estructura de descomposición de los elementos del modelo son identificados y asignados a cada elemento físico o funcional en el desglose del modelo de la edificación.	Desglose de elementos del modelo de la organización sin coherencia	Desglose de los elementos del modelo definidos pero no de manera uniforme en toda la organización	Desglose de los elementos del modelo es uniforme dentro de la organización	Desglose de los elementos del modelo alineados con los estándares de la industria	Desglose de los elementos del modelo de la organización actualizada junto con estándares de la industria	las modificaciones organizativas del desglose de los elementos del modelo se dan a votación para su inclusión en estándares de la industria	1	3	5
Nivel de Desarrollo (LOD)	El nivel de desarrollo (LOD) describe el grado de integridad a la que un Elemento del Modelo se encuentra desarrollado	Sin nivel consistente de Desarrollo	LOD definido pero no estandarizada dentro de toda la organización	LOD estandarizada dentro de la organización	LOD de la organización alineados con los estándares de la industria	Definiciones de vista y de entrega del modelo, manuales se utilizan para definir LOD	modificación del estándar de desglose de los elementos están sometido a votación para su inclusión en estándares de la industria	1	4	5
Datos del Proyecto	La data del proyecto es la información no gráfica que se puede conectar a los objetos dentro del modelo que define diversas características del objeto	No hay requisito de datos de instalación consistente	Datos del servicio definidos pero no estandarizados internamente	Datos del servicio definidos y estandarizados dentro de la organización	Datos del servicio de la organización alineados con los estándares de la industria	los atributos de datos instalación son alineados con estándares abiertos	atributos de los datos actualizados de las instalaciones con los estándares abiertos	1	3	5

TABLA N° 16: Resumen del elemento de planificación "Información"

Información			
Elemento de Planificación BIM	Nivel Actual	Nivel Esperado	Posible Total
Desglose de elementos del modelo	1	3	5
Nivel de Desarrollo (LOD)	1	4	5
Datos del Proyecto	1	3	5
Total	3	10	15

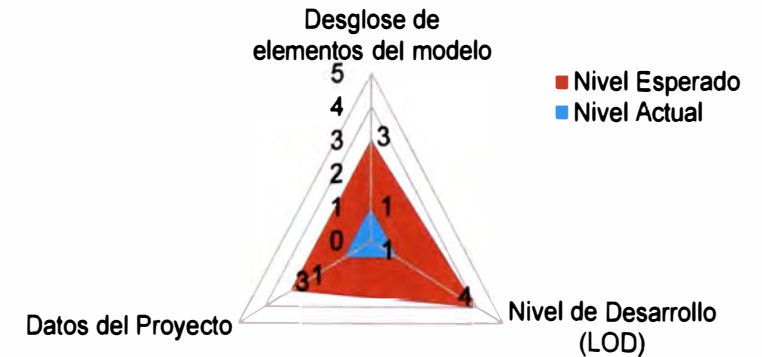


Figura N°4.10: Nivel Actual vs Nivel Objetivo de Información

4.4.2.5. Determinando las necesidades de infraestructura

Aunque este capítulo se centra principalmente en los cambios de proceso causadas por el BIM, puede ser necesario procurar una infraestructura adicional para apoyar a los cambios en el proceso. Las necesidades de infraestructura deben considerar los usos, procesos y necesidades de información BIM de la organización. La infraestructura que una organización debería considerar incluye software, hardware y espacios físicos.

- **Selección de Software**

El seleccionar el software adecuado es uno de los factores críticos para el éxito de la aplicación BIM dentro de la organización. Hay muchos factores que se deben considerar al seleccionar el software. De éstos, es importante pensar siempre, "¿El software cumple con las necesidades?" Antes de adquirir y evaluar el software, una organización debe conocer el propósito que están tratando de lograr con la aplicación de dicho software.

- **Los factores a tener en cuenta al seleccionar los sistemas de software**

Chan (1995) ha definido los siguientes factores para su consideración en la selección de software:

TABLA N° 17: Factores para la selección de software y hardware

VARIABLE	FACTOR
Software (Técnico)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Disponibilidad de un conjunto integrado de hardware / software ✓ Compatibilidad con el hardware / software existente ✓ Facilidad de uso / uso amigable ✓ Disponibilidad de código fuente
Software (No Técnico)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El precio (costo inicial y el mantenimiento / actualizaciones) ✓ popularidad
Proveedores (Técnico)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Soporte técnico ✓ Entrenamiento de usuario

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Habilidades técnicas ✓ La experiencia de la utilización de los productos desarrollados por los desarrolladores de software
Proveedores (No Técnico)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reputación ✓ Habilidades como negociante ✓ Referencias ✓ Pasado de alguna experiencia de negociación con el proveedor
Opiniones (Fuentes técnicas)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vendedor potencial / Representante de ventas ✓ Expertos de la misma compañía ✓ Consultores externos ✓ Auditorias publicas
Opiniones (Fuentes No técnicas)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Subordinados ✓ Usuarios finales ✓ Reuniones personales fuera de la compañía

- **Tipos de Sistemas de Software**

Se necesita seleccionar un software para apoyar la implementación del sistema BIM. La lista de paquetes de software que apoyan el uso BIM está constantemente cambiando y creciendo. Es importante que la organización tenga claro el software que necesitan y tengan en cuenta si dicho software puede soportar múltiples usos BIM. Sin embargo, puede que no sea factible o deseable obtener todos los objetivos de la organización BIM a través de un paquete de software. Se muestran cuatro categorías principales de sistemas de software para ser considerados por la organización, las cuales incluyen:

- **Sistemas de Gestión del Proyecto (FMS)**

Los Sistemas de Gestión de Proyectos son paquetes de software compatibles con el mantenimiento y gestión del edificio. Ayuda a gestionar las órdenes de trabajo, activos, inventario y eventualmente de seguridad. Algunos nombres que pueden ser clasificadas en Sistemas de Gestión de Instalaciones incluyen sistema computarizado de gestión del mantenimiento (CMMS), gestión de

instalaciones asistido por ordenador (CAFM), y Mantenimiento Computarizado. Si una organización tiene un FMS, debe ser evaluado por su capacidad para apoyar a los datos BIM y Usos tal como se define en los pasos anteriores. Si una organización no tiene un FMS, es importante que el apropiado se seleccione.

Algunos factores adicionales a considerar al seleccionar un FMS incluyen:

- ✓ **Independiente:** ¿Es el sistema autónomo o existen paquetes de software adicionales o módulos que se deben comprar?. Algunos sistemas se deben montar en la parte superior de otros sistemas o requieren la compra de varios módulos.
- ✓ **Alcance:** ¿Cuáles son los servicios que proporcionan los FMS? ¿Cómo se integra cada servicio? ¿Cómo apoya el FMS a los usos BIM seleccionados?
- ✓ **Integración con la base de datos:** ¿Apoya el FMS la importación y / o exportación de datos a otros sistemas? Es especialmente importante tener en cuenta la integración y la aceptación de datos BIM. ¿El FMS tienen la capacidad de importación y / o exportación de datos BIM directamente del modelo BIM? ¿El FMS soportan estándares abiertos para la transferencia de datos, tales como Cobie, modelo BIM CFI y la información dentro del Modelo BIM directamente dentro de la fibromialgia? ¿Cómo es la integración sin fisuras? Considera también cómo el FMS maneja otros datos gráficos, como fotografías y planos.
- ✓ **Vendedor:** ¿el proveedor puede instalar y personalizar el software? ¿El proveedor cuenta con actualizaciones de software? ¿Cuál es el soporte técnico de software que se necesita y programas de formación impartida?

- **Monitoreo y Control del Proyecto**

Los sistemas de software de seguimiento de mensajes de ayuda al seguimiento del rendimiento de una instalación en lo que respecta a, sistemas de climatización y control de la energía del medio ambiente, para nombrar unos pocos. Puede ser posible que estas herramientas se integren en un FMS. Sin embargo, si no es parte de los FMS actuales y futuras, la organización debería considerar la forma en que se van a supervisar su instalación. Al comprar las instalaciones de seguimiento de los sistemas de software, una organización

debería considerar la posibilidad de supervisar los sistemas adicionales de nuevas instalaciones y la integración de los sistemas de seguimiento.

- **Planificación / Diseño / Construcción de Sistema de software**

La compañía también debe tener en cuenta los sistemas de software adicionales para la planificación, diseño y construcción del proyecto. Estos sistemas de software deben ser considerados en el desarrollo de la plantilla BIM de la organización.

- **Selección del hardware**

El no tener el hardware adecuado para apoyar los sistemas de software puede dar lugar a problemas y frustración cuando se pretende implementar e integrar el sistema BIM. Es esencial que la organización comprenda las especificaciones de hardware y de los equipos en los que se crearan modelos. Si el propietario no coincide o excede estas especificaciones, el modelo y los datos creada a través del diseño y la construcción pueden quedar inutilizables en las operaciones. También, es importante asegurarse de que el hardware soporte la Utilización BIM que fueron seleccionados para la operación de la instalación.

- **Interactuando con los datos del proyecto.**

La organización debería considerar cómo los usuarios finales interactúan con los datos. Esto incluye tanto en el manejo de dispositivos como el uso de espacios físicos. Tres tipos de estaciones de trabajo que deben tenerse en cuenta: las móviles, las fijas y de las de colaboración, cada uno de los cuales tiene sus propias ventajas y desventajas.

- **Las estaciones de trabajo móviles**

Si el usuario final se desplaza constantemente, puede ser posible acceder a la información a través de unos dispositivos de teléfono, pizarra, o tabletas inteligentes. Un número de proveedores pueden acceder sin problemas los datos de las instalaciones desde la nube utilizando sus dispositivos móviles. Estas versiones permiten la facilidad de acceso de los datos de instalación y la capacidad de actualizar la información en la ubicación en la que se realiza la

tarea. Además, las tabletas y los teléfonos inteligentes suelen tener una curva de aprendizaje más pequeño que un ordenador personal.

TABLA N° 18: Perfil de Infraestructura BIM en una organización (mayo 2013, Cosapl)

Elementos de Planificación	Descripción	Nivel de Madurez						Nivel Actual	Nivel Objetivo	Total posible
		0 No Existente	1 En sus inicios	2 Gestionado	3 Definido	4 Cuantitativamente Gestionado	5 Optimizando			
Infraestructura	Los sistemas tecnológicos y físicos necesarios para el funcionamiento de BIM con la organización.							4	11	15
Software	los programas y otros datos operativos utilizados por un ordenador para implementar BIM	No Software BIM	Software capaz de aceptar datos BIM	Sistemas Básicos de software BIM	sistemas avanzados de software BIM	Todos los sistemas de software disponibles para todo el personal	Programa establecido para la actualización continua de los sistemas de software BIM	1	3	5
Hardware	interconexiones físicas y dispositivos necesarios para almacenar y ejecutar (o correr) el software BIM)	No hay hardware capaz de correr el software BIM	Algunos hardware capaz de correr el software BIM en un nivel básico	Todo el hardware capaz de ejecutar software básico BIM	Algunos sistemas de hardware avanzadas con la organización	Todo el hardware de la organización es capaz de ejecutar software BIM avanzada	Programa establecido para la actualización continua de los sistemas de hardware BIM	2	4	5
Espacio Físico	áreas funcionales dentro de las instalaciones utilizada para implementar adecuadamente BIM dentro de la organización	No hay espacio dedicado a BIM	puerto de trabajo individual para la visualización de los datos BIM	Pequeño espacio de trabajo de colaboración con una pantalla lo suficientemente grande como para varios espectadores	sala de BIM para colaborar con capacidad de visualización en pantalla grande	Múltiples espacios de trabajo colaborativo dentro del espacio de trabajo habitual	Programa establecido para la actualización permanente de los espacios BIM	1	4	5

■ Nivel Objetivo ■ Nivel Actual

TABLA N° 19: Resumen del elemento de planificación "Infraestructura"

Infraestructura			
Elemento de Planificación BIM	Nivel Actual	Nivel Objetivo	Total Posible
Software	1	3	5
Hardware	2	4	5
Espacio Físico	1	4	5
Total	4	11	15

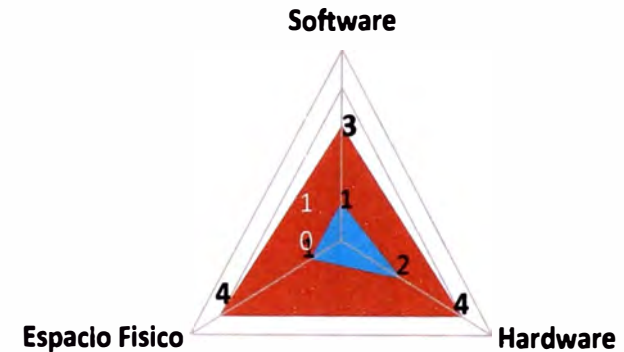


Figura N°4.11: Nivel Objetivo vs Nivel Actual Infraestructura BIM

4.4.2.6. Educación y formación del personal

Hay muchas estrategias diferentes relacionadas con ambos elementos: educar y formar al personal sobre Building Information Modeling. Si bien la definición de la educación y la formación son muy similares, en este contexto, el propósito de la instrucción varía. La formación es enseñar a alguien para estar en forma, calificado o competente en cierta tarea o proceso específico, mientras que la educación es instruir formalmente sobre un cuerpo de conocimiento con respecto a sujetos en este caso BIM.

- **Educación**

La educación es fundamental para ayudar a una organización entender el sistema BIM y el propósito de la organización para determinar sus mejores usos. Es importante que una organización desarrolle un programa de educación uniforme para el personal acerca de las verdaderas capacidades de BIM, para educar al personal, pero no exagerar las capacidades de BIM.

Una organización tiene que determinar lo que es importante transmitir a través de los diversos medios de educación. Algunos ejemplos de estos artículos incluyen:

- ✓ ¿Qué es Building Information Modeling y cómo puede ser utilizado?
- ✓ ¿Cuál es el propósito del uso del sistema BIM incluyendo las declaraciones de misión y el Plan Estratégico BIM de la organización?
- ✓ ¿Cómo influye BIM en las funciones, responsabilidades y procesos de la organización?
- ✓ ¿Cuáles son las lecciones aprendidas y los recursos disponibles de la organización?

Al igual que otras formas de educación, hay varios niveles de experiencia requeridos. La gestión de la organización, puede necesitar solo una introducción básica a BIM. Mientras que los que implementan necesitará una comprensión mucho más profunda de lo que es BIM y cómo puede ser utilizada, junto con la forma en la organización planea utilizarlo y cómo influye en sus roles.

Hay varios métodos diferentes para educar a los colaboradores e insertarlos en el sistema BIM. La mayoría del personal puede ser entrenado internamente a

través de talleres desarrollados e impartidos por el Líder BIM y el equipo de soporte BIM. Además, los proveedores de software o capítulos locales de diversas asociaciones pueden proporcionar cursos de educación.

El personal clave encargado de la implementación en la organización BIM debe recibir capacitación externa continua para promover su desarrollo. Estos procesos y tecnologías están evolucionando continuamente y las conferencias nacionales e internacionales son una buena manera de mantenerse al día con los avances recientes.

- **Formación.**

En la mayoría de los casos, la formación BIM se relacionará con un sistema de proceso o software específico. Antes de cualquier entrenamiento que se lleve a cabo, se debe establecer una estrategia de formación. La estrategia de capacitación debe incluir (1) ¿en qué temas se entrenaran?, (2) ¿quiénes son los que necesita entrenamiento?, y (3) ¿Cuáles son los métodos para lograr la formación necesaria?

- ✓ **¿en qué temas se entrenaran?**

En primer lugar, una lista de las materias de formación necesaria debe ser generada. Estos artículos incluyen nuevos y existentes procesos de organización y procedimientos comerciales, y nuevos y existentes sistemas de software.

- ✓ **¿Quiénes necesitan de formación?**

Recuerde que no todo el mundo en la organización necesita ser entrenado en todos los sistemas de software o de procesos de negocio. En la mayoría de los casos, sólo es necesario para formarlos en el propósito de una actividad más que sobre la forma de realizar la actividad sí mismos. Por lo general, la alta dirección sólo necesita ser educado acerca de los procesos BIM. Mandos intermedios, por otro lado, puede ser necesario tener una amplia educación y la única formación introductoria sobre diferentes sistemas de software. Los ejecutores deberán amplia educación y capacitación sobre los sistemas de proceso y software, sin embargo, el alcance de su formación y la educación puede ser mucho más centrado. Para maximizar los recursos de la organización,

incluyendo el tiempo, la formación debe centrarse en la Utilización BIM más importantes y su proceso de integración.

✓ **Métodos de entrenamiento**

Los métodos de entrenamiento, como la educación, pueden ser tanto internos como externos. A menudo, un proveedor de software proporcionará capacitación con la compra de software o por una tarifa adicional. Esto puede ser necesario si no hay nadie en la organización que tenga experiencia previa con el software. La formación en sí puede tener lugar en un salón de clases o en un sitio web con tutoriales. Las necesidades de formación de la organización varían en función del tamaño de una organización y el alcance de la adopción de BIM. Corresponde a cada organización para determinar en qué medida y con qué método son la educación y la formación necesaria.

TABLA N° 20: Desarrollo del Personal BIM en una organización (mayo 2013, Cosapi)

Elementos de Planificación	Descripción	Nivel de Madurez						Nivel Actual	Nivel Objetivo	Total posible
		0 No Existente	1 En sus inicios	2 Gestionado	3 Definido	4 cuantitativamente Gestionado	5 Optimizando			
Personal	recursos humanos de una organización							6	20	25
Roles y Responsabilidades	Los roles son la función principal asumida por una persona dentro de la organización y atribuciones son las tareas u obligaciones que uno está obligado a hacerlo como parte de ese papel	No hay funciones y responsabilidades documentados	BIM es la responsabilidad del Líder BIM	BIM es la responsabilidad del Grupo Interdisciplinario BIM	BIM responsabilidad recae en cada unidad operativa	BIM responsabilidad recae en cada persona	Responsabilidades BIM son revisados regulamente para asegurar que se distribuyen adecuadamente	1	3	5
jerarquía de la organización	Una disposición de personal y de grupo en grupos funcionales dentro de la organización	Jerarquía de la organización no se refiere a BIM	Líder BIM fuera de la jerarquía típica de organización	Pequeño equipo de BIM Aplicación fuera de la jerarquía de la organización típica	Grupo grande interdisciplinario creado BIM	Líder BIM definido dentro de cada unidad operativa	Equipo de implementación BIM apoya uso dentro de las unidades operativas	2	4	5
Educación	La educación es para instruir formalmente sobre un tema	Sin Programa de Educación	educación especial, según sea necesario	Las presentaciones formales en lo que es BIM y los beneficios es tiene para la organización	Regulamente llevado a cabo sesiones de educación de los empleados	Programa educativo establecido para la organización	La educación se mejora hacia la perfección a través de lecciones aprendidas dentro de la organización	1	4	5
Formación	Es enseñar a fin de hacer el ajuste, calificado o competentes en una tarea o proceso específico	No hay Programa de entrenamiento	programa de entrenamiento dirigido por los vendedores - sólo para personal necesario	Programa de formación interna para todo el personal que pueden interactuar con BIM	programas de entrenamiento de rutina llevado a cabo con regularidad	Programa de formación establecido para la organización	La formación se mejora hacia la perfección a través de lecciones aprendidas dentro de la organización	1	4	5
Pr edisposición para el cambio	La disposición y el estado de preparación de una organización para integrar BIM	No hay conciencia sobre el cambio de Preparación	necesidad establecida para BIM	La alta dirección adopta la idea BIM	El equipo de operación adopta la idea	Todos los individuos de la compañía adoptan la idea	La voluntad de cambio es parte de la cultura de la organización	1	5	5

TABLA N° 21: Resumen del elemento de planificación "Personal"

Personal			
Elemento de Planificación BIM	Nivel Actual	Nivel Esperado	Posible Total
Roles y Responsabilidades	1	3	5
jerarquía de la organización	2	4	5
Educación	1	4	5
Formación	1	4	5
Resistencia al cambio	1	5	5
Total	6	20	25

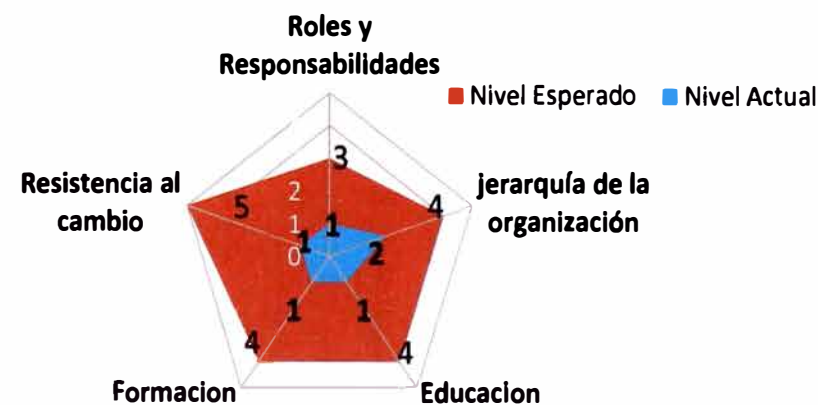


Figura N°4.12: Nivel Objetivo vs Nivel Actual Personal BIM

CAPITULO V: IMPLEMENTANDO BIM EN UN PROYECTO

Los sistemas MES (Mecánicos, Eléctricos y Sanitarios) en proyectos técnicamente complejos, como pueden ser los centros de salud o los edificios de Oficinas con equipamiento de última generación, a veces pueden representar el 50% del valor del proyecto. Por lo tanto, la coordinación y conducción de los sistemas MES junto a los elementos arquitectónicos y estructurales en este tipo de proyectos es una tarea de vital importancia. Los sistemas MES necesitan ser acomodados en un espacio limitado teniendo en consideración los criterios establecidos en el diseño, la construcción y la operación y mantenimiento (Barton 1983, Korman y Tatum 2001). El proyecto de la Nueva Sede Institucional del Banco de La Nación es un proyecto emblemático de gran importancia puesto que sus instalaciones serán utilizadas para uno de los eventos más importantes a nivel mundial: las Reuniones Anuales de las Juntas de Gobernadores del Grupo del Banco Mundial y del Fondo Monetario Internacional del año 2015. Este proyecto encaja a la perfección en un proyecto técnicamente difícil por la tecnología en sus instalaciones, por el plazo de construcción sumamente agresivo de 24 meses (para su primera etapa) y 35 meses en total, por la imponente de 30 pisos representados en sus 135.5m de altura y por sus 66,580m² de área construida y sobre todo por el monto del contrato negociado que supuso el desembolso de S/.412'501.977.



Figura 5.1: Edificios más altos de Lima-Perú

Para su construcción se utilizó por primera vez en el país un sistema de encofrado y grúas auto-trepantes que ayudaron a acelerar el vaciado del cemento en los pisos de la obra.

La obra contará con una nueva y ampliada agencia bancaria en su primer nivel, mientras que en el segundo tendrá una sala de exposiciones con un aforo para más de 500 personas.

En el séptimo nivel habrá un gimnasio, un centro médico, una biblioteca y otras áreas de servicio para los trabajadores del banco. Desde el piso nueve al treinta funcionarán las oficinas administrativas. **En el último nivel habrá un helipuerto.** La construcción también posee cuatro sótanos, con un total de 254 estacionamientos.

A fin de atenuar las vibraciones que se producen durante sismos, el edificio cuenta con 16 disipadores de energía sísmica instalados en los últimos ocho pisos.

La obra está diseñada para obtener la certificación Leed Silver del US Green Building Council en la categoría Nueva Construcción. El aire acondicionado y luces se encienden automáticamente con la presencia de personas en las oficinas. La construcción tiene instalados equipos que permiten ahorrar energía.

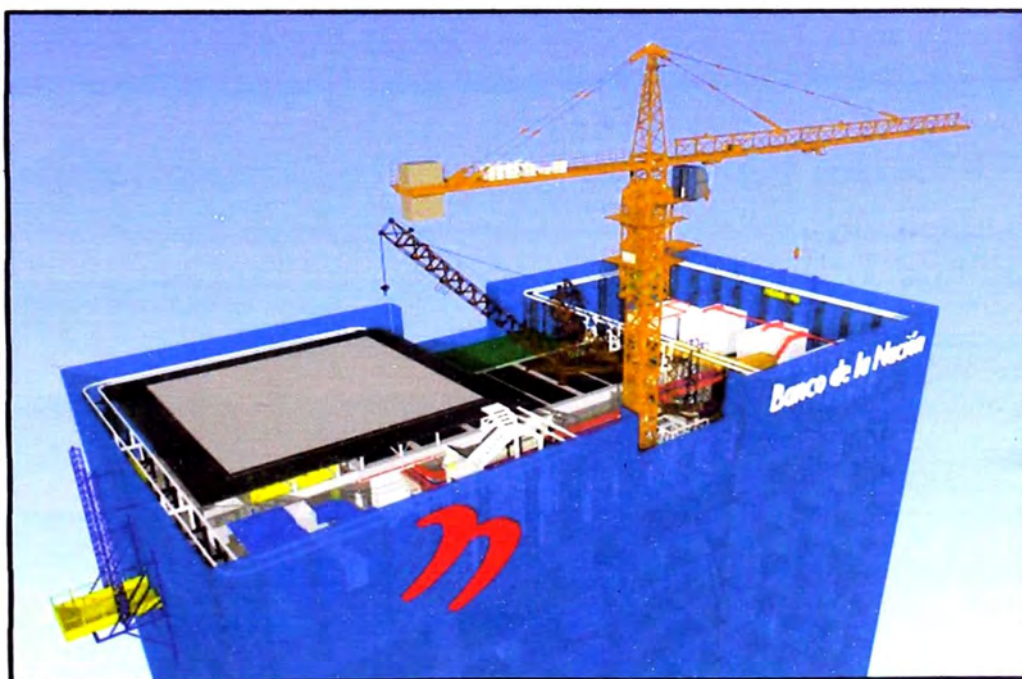


Figura N°5.2: Imagen Renderizada de la Coronación de la Nueva Sede Institucional del Banco de la Nación, Fuente: COSAPI S.A

Con el fin de poder documentar y registrar el impacto de las herramientas y procesos BIM, sobre la coordinación de los sistemas MES, Arquitectura y Estructura; es importante para entender la investigación previa en el amplio campo de las herramientas BIM y el área específica de la coordinación.

5.1. Fases del BIM en el Proyecto Nueva Sede Institucional del Banco de la Nación

En el proyecto hubieron dos etapas diferenciadas: la etapa del diseño ingenieril y la etapa de la ejecución del proyecto, en ambos casos COSAPI era la encargada de ejecutar dichos hitos importantes, hitos en los cuales contractualmente se comprometía al uso del sistema BIM pues en los términos de referencia (TDR) de la licitación indicaba que se debía realizar una compatibilización de especialidades durante el diseño y la ejecución del mismo, el gran inconveniente era que no indicaban como hacerlo.

Para la primera etapa de diseño ingenieril se estableció una secuencia para la generación y coordinación de los modelos BIM de cada uno de las especialidades ya que el objetivo era poder realizar la coordinación interdisciplinaria a un nivel intermedio de detalle, sabiendo que el diseño va

evolucionando acorde a los requerimientos del cliente entre otras contingencias.

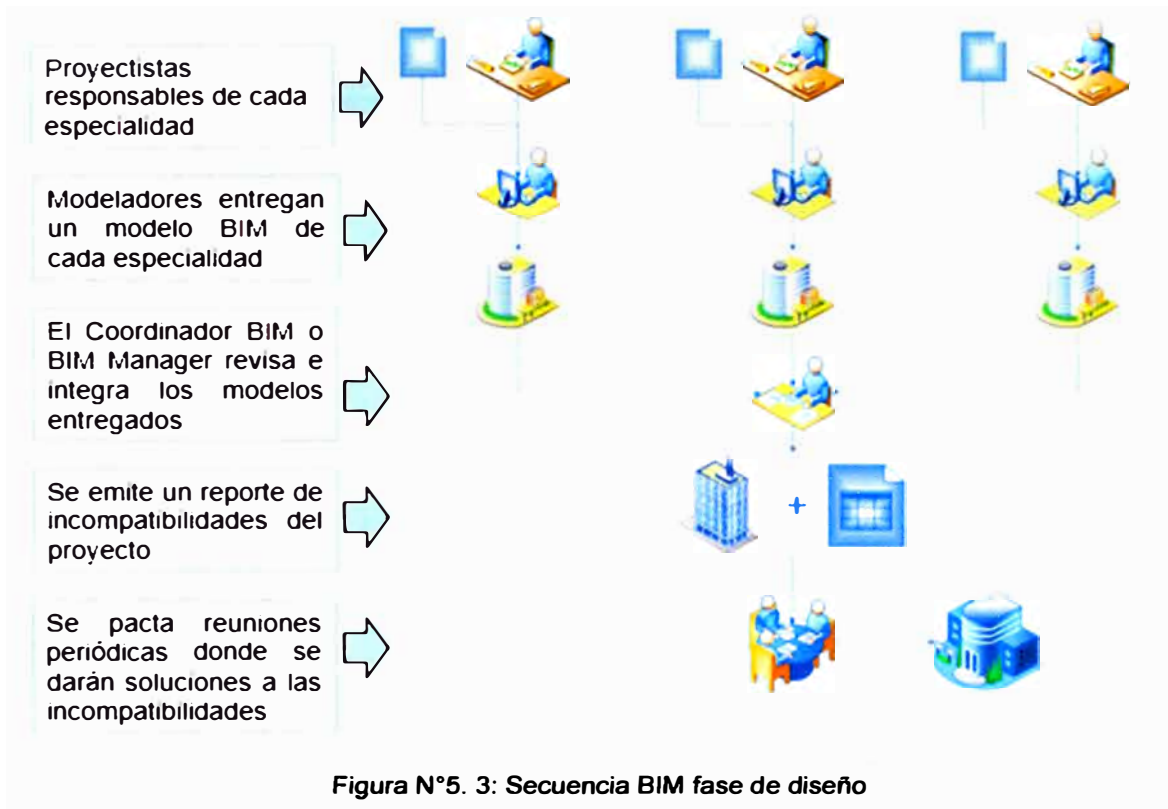


Figura N°5. 3: Secuencia BIM fase de diseño

Debido a que por esta época en el Perú aún no existía unos lineamientos básicos establecidos a nivel nacional que sirvan de directrices para homogenizar criterios de modelado, detección de interferencias y colaboración se tuvo que redactar un plan de ejecución BIM cuyo propósito es definir los objetivos, miembros responsables, usos BIM, alcances y los procesos de coordinación BIM que sean necesarios

Este documento contiene los requerimientos mínimos de modelado para poder realizar la detección automatizada de interferencias, obtención de metrados y programación de la ejecución del proyecto desde la elaboración del Anteproyecto para la Nueva Sede Institucional del Banco de la Nación a partir de Modelos BIM desarrollados con Revit o Similar, cumpliendo con lo indicado en los TDR.

parte de lo modelado en la etapa anterior tuvo que actualizarse en gran porcentaje, siguiendo las necesidades del constructor y de los subcontratistas para un correcto montaje de las diferentes disciplinas.

A continuación se describen pasos importantes durante esta etapa que dieron como producto final un Modelo BIM apto para construcción.

5.2.1.Recepción de Antecedentes

Para poder llevar a cabo la Coordinación Grafica BIM de un Proyecto se requiere una Planificación General de actividades, que consiste en la Programación del Proyecto y definición de los Protocolos de Intercambio de Información.

- Para la clasificación y almacenamiento de la información entregada para el desarrollo del servicio, se utilizó un grupo de carpetas denominado “Directorio BIM”.

Nota: Para una adecuada identificación y búsqueda en la carpeta Proyectos BIM ubicada en el servidor COSAPI, se identificó la carpeta del proyecto de la siguiente manera: Código de proyecto BIM _ Nombre del Proyecto, Ej.: 260115 - Nueva Sede del Banco de la Nación.

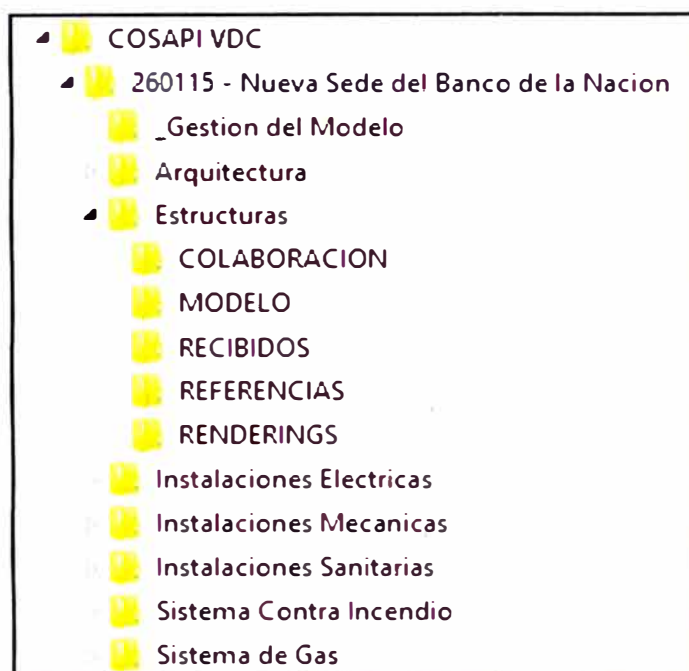


Figura N°5. 5: Estructura de directorio BIM

- Para dar inicio es necesaria la entrega de toda la información de todas las especialidades, con todos los proyectos congelados así, si la documentación entregada para levantar o actualizar en BIM estuviese incompleta (falta de planos, falta de detalles, falta de algún modelo, falta de información técnica, etc.), se solicitará a quien corresponda (cliente interno/externo/) la información faltante e informar de aquellas descoordinaciones en los casos que corresponda, en el caso del Banco de la Nación se les solicito a los proyectistas directamente pues trabajaron en la etapa de diseño del proyecto

PROYECTO		NUEVA SEDE INSTITUCIONAL DEL BANCO DE LA NACION										
ACTUALIZADO POR												
FECHA DE ACTUALIZACIÓN												
N°	Docto. Plano Oficial	Docto. Plano BIM	Descripción	Recepción de Planos, Fichas y Documentos 1			Recepción de Planos, Fichas y Documentos 2			Recepción de Planos, Fichas y Documentos 3		
				Fecha	Revisión	N° de copias	Fecha	Revisión	N° de copias	Fecha	Revisión	N° de copias

Figura N°5. 6: Check List de planos entregados

- Cada proyectista definió un intermediario entre el Modelador Digital BIM a cargo y el Proyecto a coordinar gráficamente para así, canalizar el flujo de la información. La intención era reducir la posibilidad de información duplicada o faltante para el proceso de modelación y detección de interferencias.
- El intermediario mencionado en el punto anterior, fue el responsable de solicitar a quien corresponda toda la información, tal como, planos de cada especialidad que formen parte del proyecto, entre los que se pueden mencionar a título de información: Arquitectura, Cálculo, Instalaciones sanitarias, Instalaciones Eléctricas y corrientes débiles, Climatización, etc. Además se solicitan las especificaciones técnicas de cada una de las especialidades.
- Fue responsabilidad del Coordinador BIM, facilitar todos los antecedentes y documentos necesarios a cada integrante del equipo para llevar a cabo la Coordinación Grafica de la mejor manera posible, además de mantener un registro permanente sobre la organización y las responsabilidades de cada uno.
- Fue responsabilidad de cada integrante del grupo de trabajo cumplir con los plazos establecidos en la **Línea de Tiempo** detallada en el Plan de

Ejecucion BIM. Además de informar de forma oportuna cualquier atraso que se pueda producir, tanto a su jefatura como al cliente.

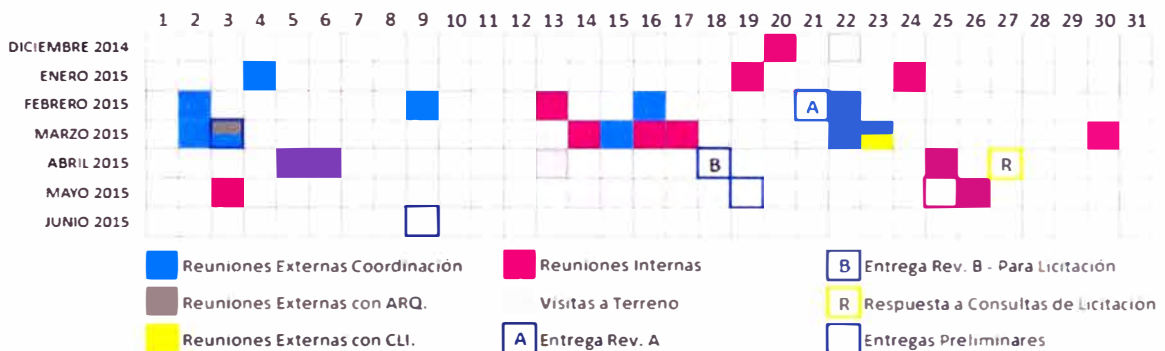


Figura N°5. 7: Cronograma de Coordinación de reuniones, entregas y respuestas

- Dado que la planificación y programación del proyecto se realizó en conjunto entre todos los miembros del grupo de trabajo, se efectuaron Reuniones de Planificación y Programación interna del departamento BIM, donde se establecieron los siguientes puntos:

5.2.2. Definición de roles:

Se definieron las labores y responsabilidades de los integrantes del proyecto. A su vez se estableció la estructura organizacional del proyecto y su relación directa con relación a la gestión BIM, lo importante de esta definición es que cada integrante del equipo sepa cuál es su función principal, a quien debe de solicitar información y a quien entregarla, lo canales de comunicación quedan claros estableciendo una estructura jerárquica básica.



Figura N°5. 8: Organigrama del proyecto BIM

✓ **Definición de modalidad de comunicación:**

Se deberá definir la forma de comunicación (reuniones, informes, periodicidad)

- ✓ **Programa del proyecto:** Se definen las principales actividades del proyecto, su secuencia, duración individual, hitos parciales, etc. Con esta información se elabora un programa que será controlado de acuerdo a la periodicidad establecida mediante una **Línea de tiempo**.

5.2.3. Configuración de la Logística Técnica.

La logística técnica desempeña un papel importante en el proceso de coordinación. Es probable que se utilizarán muchos modelos 3D en el proyecto, y cada modelador sería responsable de la edición de cada uno de estos. Los miembros del equipo deben estar de acuerdo con algunas reglas básicas en el inicio del proyecto para que el intercambio de modelos 3D electrónicos sea eficiente y beneficie a todo el equipo. El equipo BIM del proyecto abordó las siguientes cuestiones:

- ✓ **Modelos 3D se publican en una página web del proyecto, sitio FTP o un sitio de colaboración de documentos determinado por el equipo que incluye al equipo de Modeladores BIM, Coordinador BIM, subcontratistas con ciertas restricciones, propietario y A / E, en el proyecto del banco de la nación se utilizó el sitio online de colaboración A360.**

En el siguiente vínculo se cualquier persona que este leyendo esta tesis puede acceder al modelo 3D de uno de los pisos más complicados por la cantidad de instalaciones que intervienen,

<http://a360.co/2kx6Pt5>

- ✓ **El sitio de colaboración proporciona un acceso seguro y remoto a todos los archivos de modelo, se le tuvieron que crear usuarios y contraseñas personalizadas a cada subcontratista para que puedan acceder a los modelos desde el sitio online A360, esto sirvió para poder designar responsables a cada una de las incompatibilidades detectadas.**

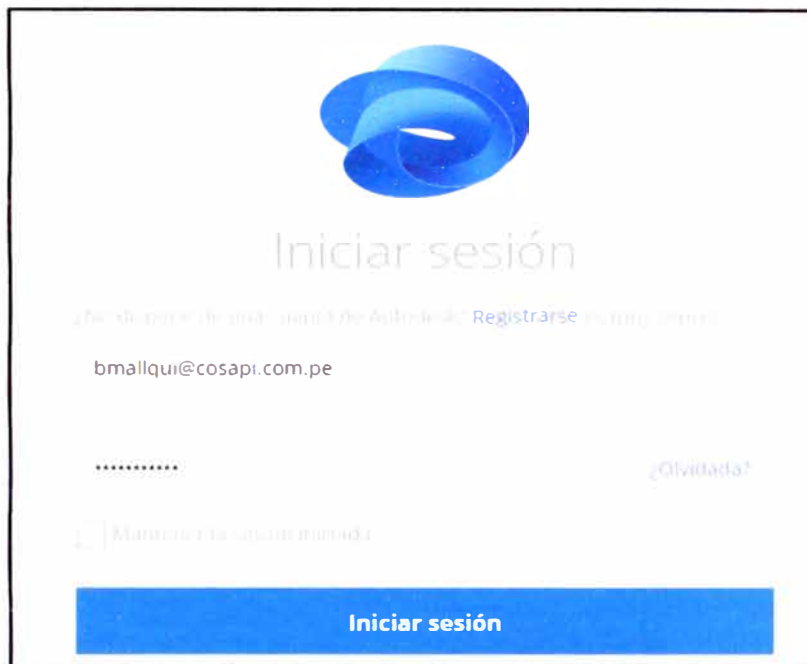


Figura N°5. 9: Iniciando Sesión en la Nube A360

- ✓ Una estructura clara para la ruta de los archivos está configurado en el servidor para organizar los archivos de modelos y otros documentos pertinentes, dentro de los lineamientos BIM de Cosapi se encuentra estandarizada una estructura de directorios que es replicada dentro del sitio A360 para una administración ordenada de los modelos BIM

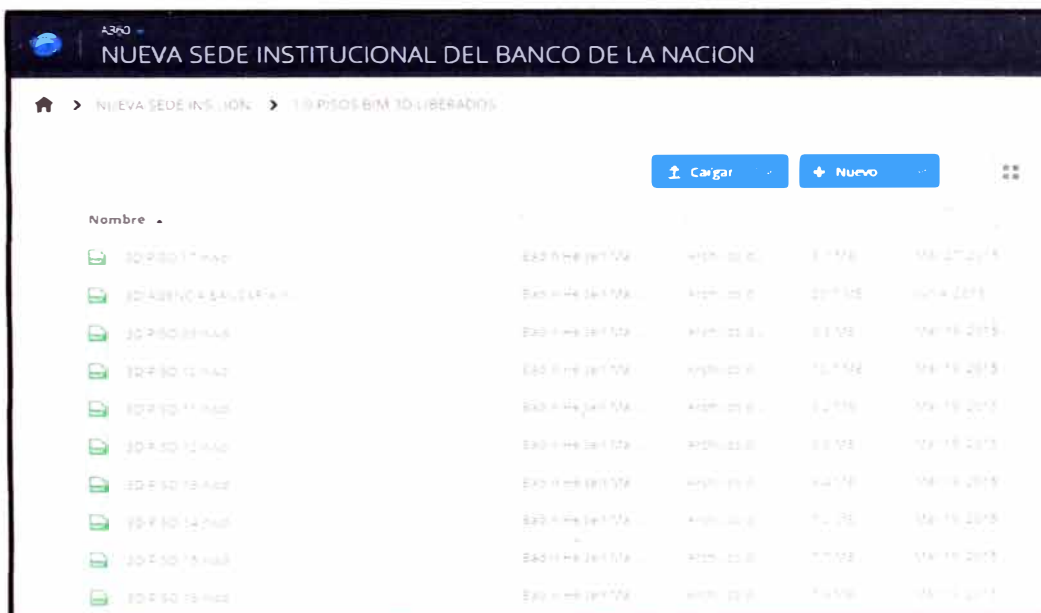


Figura N°5. 10: Contenido del directorio de la Nube

- ✓ Todo el mundo trabaja desde aquí y emite mensajes usando el mismo servidor
- ✓ El servidor está respaldado todas las noches, guardando toda la información en un disco duro, de este modo evitamos posibles pérdidas de información.
- ✓ El punto de inserción para todos los dibujos se basa en el punto de inserción 0,0,0 establecido en los dibujos arquitectónicos
- ✓ Todo lo que no debe ser vista en el modelo 3D se borra u oculta antes de la transferencia de archivos al sitio online A360

En el proyecto del Banco de la Nación se utilizaron los siguientes softwares con los que se pudo interactuar durante la coordinación BIM:

- Autodesk Revit Architecture 2015
- Autodesk Revit Structure 2015
- Autodesk Revit MEP 2015
- AutoCAD 2013
- Autodesk Navisworks Manage 2015
- Autodesk BIM 360
- Lumion Pro 3.1
- Google Skethup

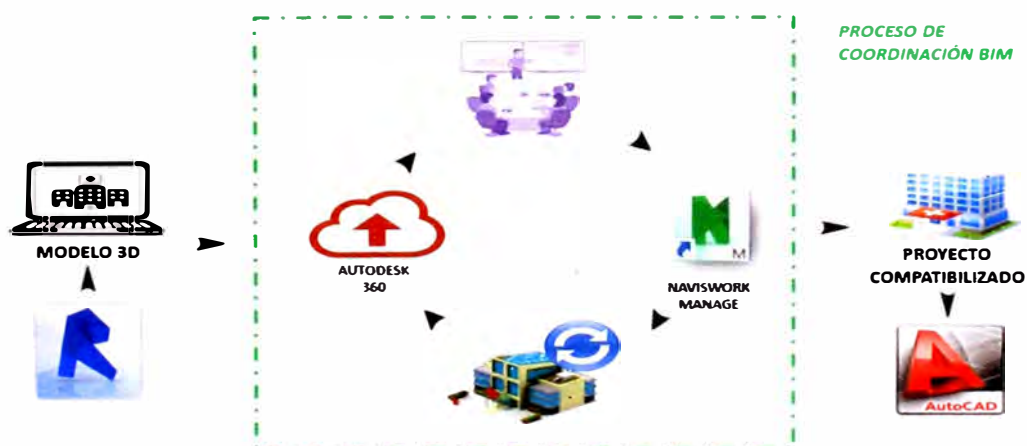


Figura N°5. 11: La figura muestra los diferentes sistemas de software utilizados por los miembros del equipo del Banco de la Nación y como se han relacionado mediante el proceso de coordinación BIM

Navisworks es un software que se utiliza con el propósito de realizar la detección de interferencias. Los modelos que los subcontratistas y los miembros del equipo de diseño crean y editan mediante los programas indicados en la Figura 5.5 se trajeron a Navisworks Manage por el coordinador BIM del proyecto y las incompatibilidades fueron detectadas mediante un proceso exhaustivo de visualización y revisión por parte de los subcontratistas ya que ellos cuentan con el criterio experto suficiente para llevarlo sin mencionar que serían ellos los que instalarán todos los sistemas. El proceso se repite hasta que se han resuelto todos los grandes enfrentamientos.

5.2.4. Etapa de Modelación de proyecto BIM.

Luego de recibir los antecedentes de cada una de las especialidades que componen el proyecto, se da comienzo a la modelación de cada una de ellas, cuyos antecedentes gráficos, tanto planimetrías, modelos, como EE.TT, y las versiones anteriores del proyecto entregado es responsabilidad expresa del proyectista de cada especialidad.

5.2.4.1. Construcción de Modelo BIM:

Utilizando cada una de las Plantillas BIM, se da comienzo a la modelación de cada una de las especialidades en modelos completamente independientes, cada uno de los Proyectos BIM modelados, son desarrollados en sus plantillas correspondientes, encontrando tres grandes grupos, compuesto por:

- ✓ **Modelo BIM Arquitectura:** Está ligado netamente a la Arquitectura del proyecto modelado, este podrá contener tabiques, ventanas, puertas, cielos falsos, sobrelosas, excluyendo cada elemento que pertenezca a otra especialidad constructiva.
- ✓ **Modelo BIM Estructura:** Correspondiente al esqueleto del proyecto, se modelara plenamente lo que presente el Calculista en el proyecto de Calculo estructural y Estructuras.
- ✓ **Modelo BIM Especialidades:** En este grupo se integrará todas las especialidades que completen el proyecto de construcción, tales como: Sanitarios, Climatización, Extinción, etc.

Para el modelado de

En base a la experiencia adquirida a través de proyectos anteriores, el proceso de coordinación BIM entre arquitectura, estructura y sistemas MEP es más eficaz si sigue la siguiente secuencia:

- ✓ Comience con el modelo estructural y arquitectónico resolviendo las incompatibilidades entre estas dos principales especialidades
- ✓ Lleve a cabo la asignación de espacio preliminar entre sistemas MEP
- ✓ Identificar las restricciones más complejas y darle mayor prioridad antes que otras
- ✓ Compatibilice las tuberías sanitarias con la estructura y arquitectura, sobre todo las que funcionan por gravedad ya que se debe de respetar la pendiente de diseño.
- ✓ Compatibilice los ductos HVAC con las II.SS, realizar los quiebres en los ductos, dependiendo de las circunstancias
- ✓ Compatibilice la red de rociadores, la red de gabinetes y la red de drenaje contraincendios
- ✓ Dibuje las bandejas de media tensión, ducto barra, y dispositivos eléctricos en el FCR y ubíquelos en base a lo que el arquitecto plantee
- ✓ Dibuje las bandejas de comunicación

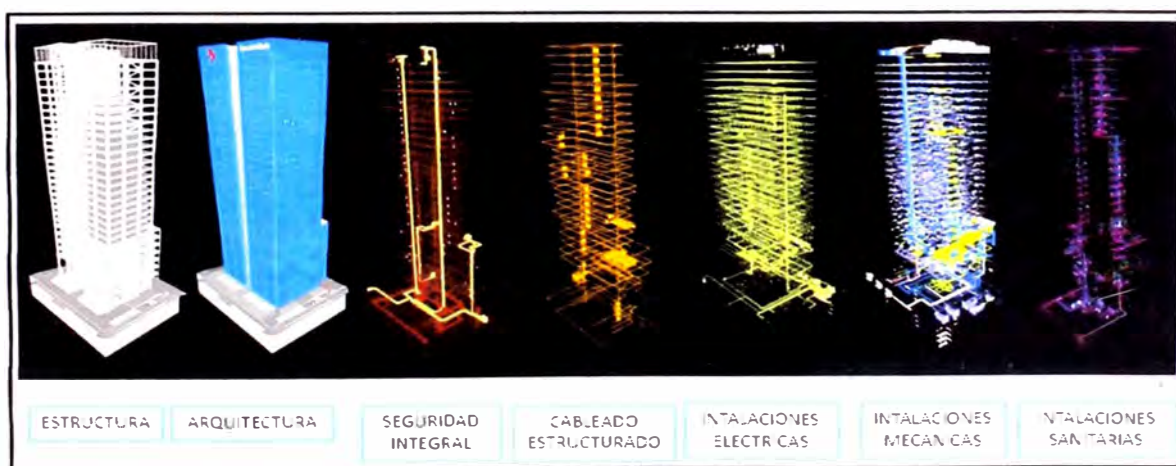


Figura N°5. 12: Modelos BIM completos de cada una de las especialidades modeladas

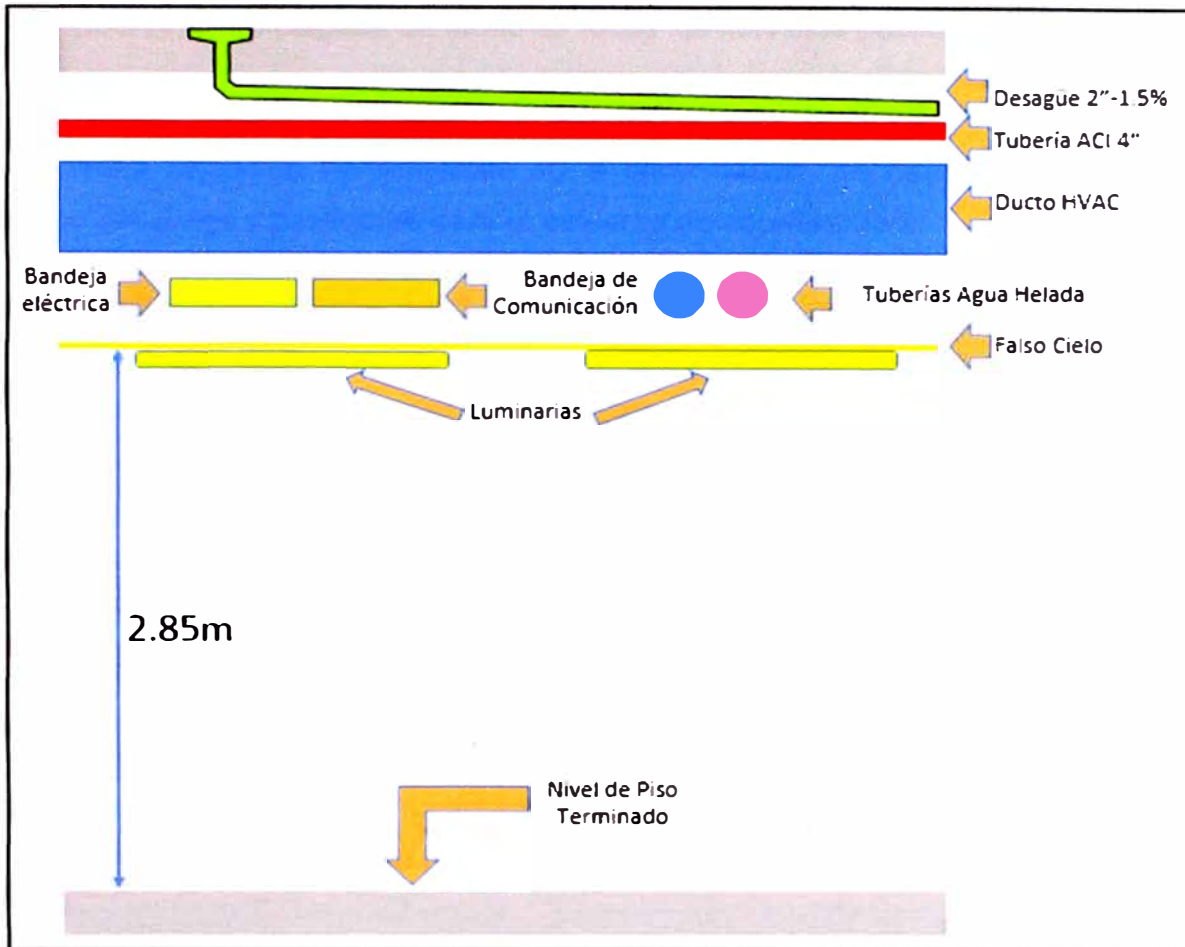


Figura N°5.13: Asignación de espacio inicial de las instalaciones por encima del falso cielo raso para los sistemas MEP.

5.2.4.2. Niveles de detalle en los modelos de Arquitectura, Estructura y Especialidades.

Una de las preguntas que la mayoría de los equipos tienen al iniciar el esfuerzo de modelar en 3D es: "¿Qué es lo que modelo en 3D?" Esta pregunta debe ser contestada por todo el equipo involucrado en el esfuerzo de coordinación 3D. Los objetivos establecidos por el equipo por el esfuerzo de coordinación jugarán un papel muy importante en la determinación de qué modelo. En la mayoría de los proyectos se puede dividir en dos distintos esfuerzos de coordinación

- La coordinación de los servicios públicos subterráneos como tuberías y electricidad

- Coordinación colgada de techo de todos los servicios públicos MEP / FP

Si el equipo decide hacer ambas cosas coordinación subterráneo y por encima del techo utilizando herramientas 3D a continuación, se requieren elementos como cimientos y bastidores para el esfuerzo de coordinación.

Otra pregunta importante es: "¿Qué nivel de detalle que debe incluirse en los modelos?" Es evidente que hay un equilibrio entre el nivel de detalle en los modelos y los usos que pueden proporcionar a los esfuerzos de coordinación. Por ejemplo, los detalles incluidos en el trabajo del modelo arquitectónico (refuerzo metálico de drywall, acero de refuerzo en bloquetas, etc.) serán necesarios para determinar la ubicación exacta de la preparación de plomería en las paredes, pero no es necesaria para la detección de la coordinación y el conflicto con otros sistemas como HVAC. El equipo del proyecto debe decidir colectivamente el nivel de detalle de una pregunta.

Identificamos que para la coordinación de los sistemas MEP utilizando BIM se requiere que los equipos de proyecto planeen crear modelos 3D para:

- Los elementos arquitectónicos como paredes interiores, pisos, falso cielo raso, puertas, ventanas y mamparas
- Los elementos estructurales como los principales de armazón estructural, losas y fundaciones
- Los sistemas mecánicos como los ductos, equipos, tuberías de agua helada considerando su recubrimiento etc.
- Los sistemas sanitarios como las líneas de gravedad y las tuberías de agua caliente y fría respetando las pendientes mínimas y la ubicación de montantes verticales
- Los sistemas eléctricos como los principales conductos y bandejas de cables, adicionales a ello en algunos proyectos el Ducto Barra proveniente de la sub-estación eléctrica
- Los sistemas de protección contra incendios con la red eléctrica y ramas

En este proyecto utilizamos como base los estándares de la Autoridad Aeroportuaria de New York y New Jersey donde indican tres niveles de detalle que se definen a continuación.

1. Nivel de detalle 1 (ND1)

Los modelos de Nivel 1 incluyen elementos en que los cuales se han utilizado componentes genéricos. Al término de este Nivel, análisis basados en los sistemas generales pueden realizarse y cantidad general de materiales pueden obtenerse.

2. Nivel de detalle 2 (ND2)

Los modelos de Nivel 2 incluyen elementos en que los cuales los componentes genéricos han sido reemplazados por componentes en los cuales la totalidad de sus materiales han sido definidos. Al término de este Nivel, análisis basados en los sistemas específicos pueden realizarse y cantidad real de materiales pueden obtenerse.

3. Nivel de detalle 3 (ND3)

Los modelos de Nivel 3 incluyen elementos en que los cuales los componentes totalmente definidos han sido complementados con detalles que permiten su fabricación y/o construcción. En este nivel, el modelo incluye información 2D como texto, dimensiones, notas, etc. Al término de este Nivel, los Modelos deben tener toda la información necesaria para realizar Programación de Obra (4D), Estimados (5D) y Operación y Mantenimiento (6D)


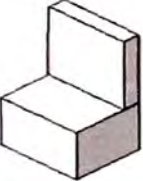

Nivel de Detalle 01	Nivel de Detalle 02	Nivel de Detalle 03
		
ESQUEMATICO	CONCEPTUAL	DEFINIDO
Descripción: Silla de Oficina	Descripción: Silla de Oficina	Descripción: Silla de Oficina
Ancho: ?	Ancho: 700mm	Ancho: 700mm
Largo: ?	Largo: 450mm	Largo: 450mm
Altura: ?	Altura: 1100mm	Altura: 1100mm
Fabricante: ?	Fabricante: ?	Fabricante: Decor Muebles Perú
Modelo: ?	Modelo: ?	Modelo: Mirra

Figura N°5. 14: Niveles de Detalle en BIM

5.2.5. Generación de Consultas y/o RDI:

Al modelar el proyecto BIM se presentarán los primeros conflictos referidos principalmente a inconsistencias entre planos de un proyecto determinado o expresamente a la falta de información en las especificaciones de elementos en documentos o planos. Todas estas identificaciones deben registrarse de manera continua en el formato Guía de Detección de Interferencias llamado "Reporte de Interferencias", con el objetivo de tener un registro claro de los requerimientos faltantes en el proyecto que se darán a conocer en reuniones futuras y los conflictos que serán dados a conocer a través del formato de Requerimientos de Información suministrado por las el área de control documentario de la obra.

El Modelador BIM luego de identificar las distintas inconsistencias y registrarlas en el Reporte de Interferencias, enviará los documentos al BIM Manager para su revisión y validación, luego de la cual, podrá ser enviada al cliente tanto por el Modelador Digital BIM como por el BIM Manager, esta iteración de detección, envío, actualización y volver a detectar será realizado las veces que sean necesarias.



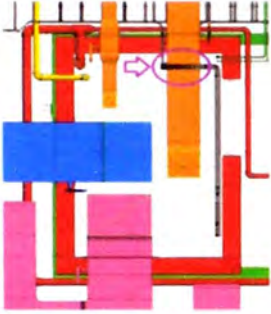
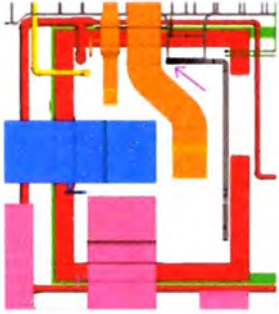
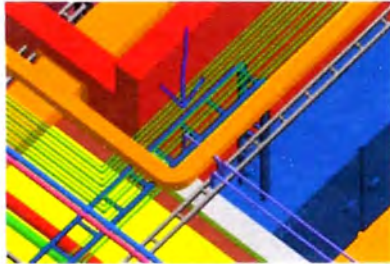

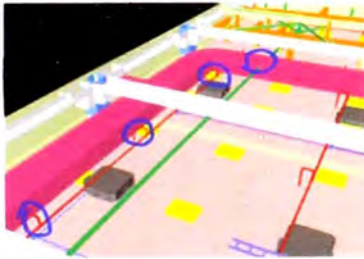
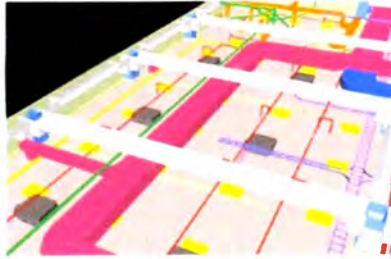
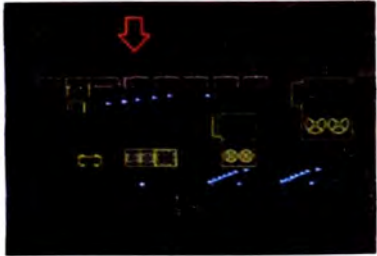
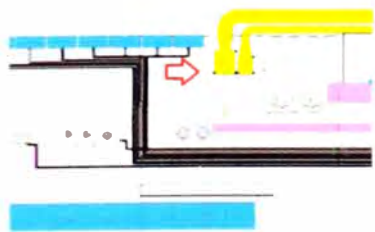
IMAGEN PROBLEMA	IMAGEN SOLUCION	DESCRIPCION
		La ubicación planteada para las bandejas de canalización interfiere con los ductos de suministro, retorno y extracción de HVAC, se soluciona desplazando la bandeja
		En el Patinillo 01 "P01" los ductos de extracción de Aire interfiere con la bandeja de canalización eléctrica, Se soluciona desplazando el ducto fuera de la bandeja
		existen tuberías de gas y liquido refrigerante que interfiere con una bandeja de canalización y no pueden ir encima de ella, se soluciona alineando las tuberías
		Se observa que el ducto de Aire Acondicionado - Retorno interfiere con las tuberías contraincendios y una tubería de desagüe, se soluciona desplazando los ductos
		En el piso técnico del edificio ductos de inyección de aire interfiere con otros equipos mecánicos, se soluciona acomodando los equipos de inyección de aire fresco

Figura N°5. 15: Algunas interferencias detectadas y solucionadas


ARQ: ARQUITECTONICA EST: GALLEGOS CASABIANNE PROYECTISTAS: IIS: PROTERM IEE: PRCISAC IIMM: PROTERM		 REPORTE DE CONSULTAS UNIDAD DE NEGOCIOS: EDIFICACIONES PROYECTO: BANBO DE LA NACIÓN										REVISIONES/REUNIONES: Rev 1: 11-09-14 Rev 2: 24-09-14 Rev 3: 15-10-14 Rev 4: 22-10-14	
...	FECHA DE CONSULTA	PISO / NIVEL	UBICACIÓN / E...	ELEMENTO	OPTO / ARE...	DESCRIPCIÓN	ESPECIALID...	FOT...	STATUS	RESPUESTAS	REVISI...	FUENTE DE CONSULTA	GRAVEDAD DE LA CONSULTA
1	11/09/2014	Sótano 3	C-2/3	Losa	Do bombas	Falta abertura en losa para tapa de registro.	Estructuras	→	APROBADA	Corregido.	Rev. 1	Falta/Error en la información	Moderado
2	11/09/2014	Sótano	D-8	Tabique	Depósitos	Tabiques volando en los depósitos. Se debe reducir el área de los depósitos.	Arquitectura	→	PENDIENTE	Arquitectura actualizará área de depósitos en planos y en el modelo.	Rev. 1	Interpretación geométrica	Muy grave
3	11/09/2014	Sótano	E-9	Viga-escalera	Hall escansores	Altura mínima 2.10m	Estructuras y Arquitectura	→	APROBADA	Se eliminó la viga superior.	Rev. 1	Interpretación geométrica	Grave
4	11/09/2014	Sótano 1	B-8	Viga	Patio maniobras	Altura mínima 2.10m	Estructuras y Arquitectura	→	APROBADA	Se modificaron los niveles superiores.	Rev. 1	Interpretación geométrica	Grave
5	11/09/2014	Piso 1	A-8	Losa	Local comercial	La diferencia de alturas entre los baños del local comercial (0.00) y el jardín (0.80), genera problemas para la ubicación de los aparatos sanitarios. Además el tabique que continúa está dejando un hueco. Modificar su ubicación. Analizarlo conjuntamente con la consulte B.	Arquitectura	→	PENDIENTE	Falta alinear tabiques de arquitectura a nueva ubicación. NUEVA UBICACIÓN SEGÓN DUCTO DE GAS	Rev. 1	Interpretación geométrica	Grave
6	11/09/2014	Sótano	A-B' 6-7	Placa / columnas		En el plano de Arquitectura figura una placa estructural, no dos columnas.	Arquitectura	→	PENDIENTE	Queda como 2 columnas. Arquitectura debe cambiar su modelo/plano. Falta modificar plano.	Rev. 1	Coordinación entre especialistas	Baja
7	23/09/2014	Sótano 5		Ductos		Considerar aberturas en losa para rejilla de descarga y toma de aire para cisterna. Además las líneas del plano en los ductos de extracción de manido, indican línea de vacío, deberían ser líneas de protección.	Estructuras	→	APROBADA	Arquitectura actualizó. Falta Estructuras actualizar.	Rev. 2	Falta/Error en la información	Moderado
8	23/09/2014	Cisterna	E-7	Escalera		La escalera que llega a la cisterna, no llevará cimentación?	Estructuras	→	APROBADA	Si llevará, falta modelar cimentación de escalera.	Rev. 2	Confirmación de información	Baja
9	23/09/2014	Sótano	A-4	Ductos		Plano de estructuras no considera ducto de extracción de manido en todos los sótanos, en el ete A-4. Modelo si lo considera.	Estructuras	→	APROBADA	Estructuras modificó.	Rev. 2	Falta/Error en la información	Moderado

Figura N°5. 16: Reporte de incompatibilidades detectadas en el proceso BIM

- Una vez terminado el proceso de modelación de las especialidades, se integran los modelos en un archivo RVT de Coordinación. El BIM Manager debe validar el modelo generado asegurándose que estén modeladas todas las especialidades contempladas para el proyecto dando término a la etapa de modelación.

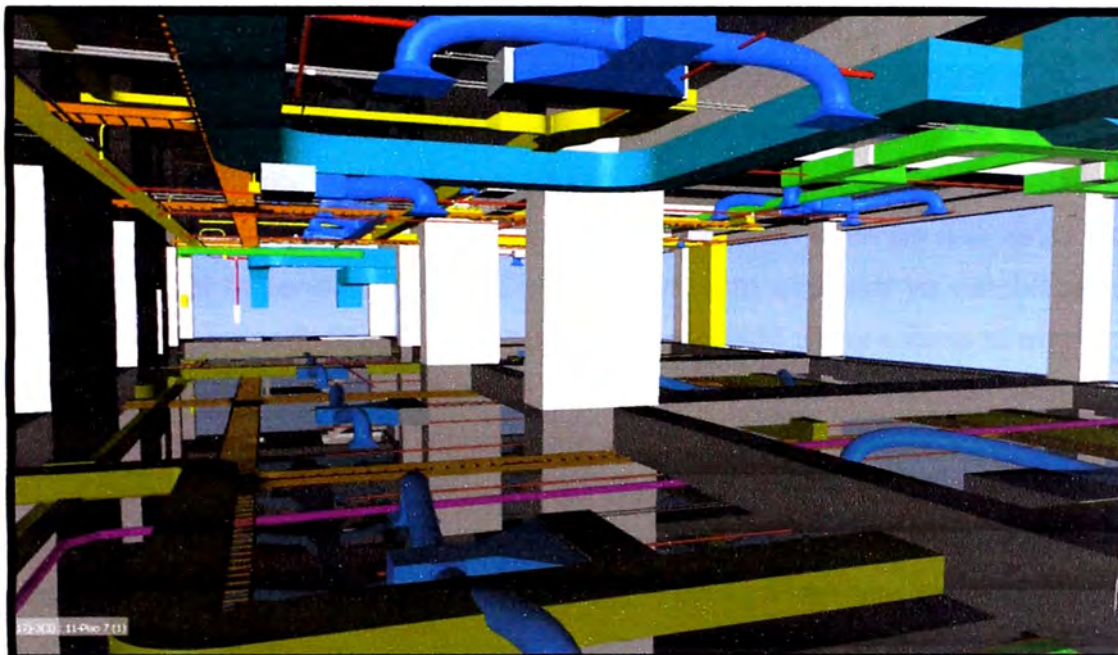


Figura N°5. 17: Integración de especialidades, Piso 21 de la nueva sede del banco de la nación

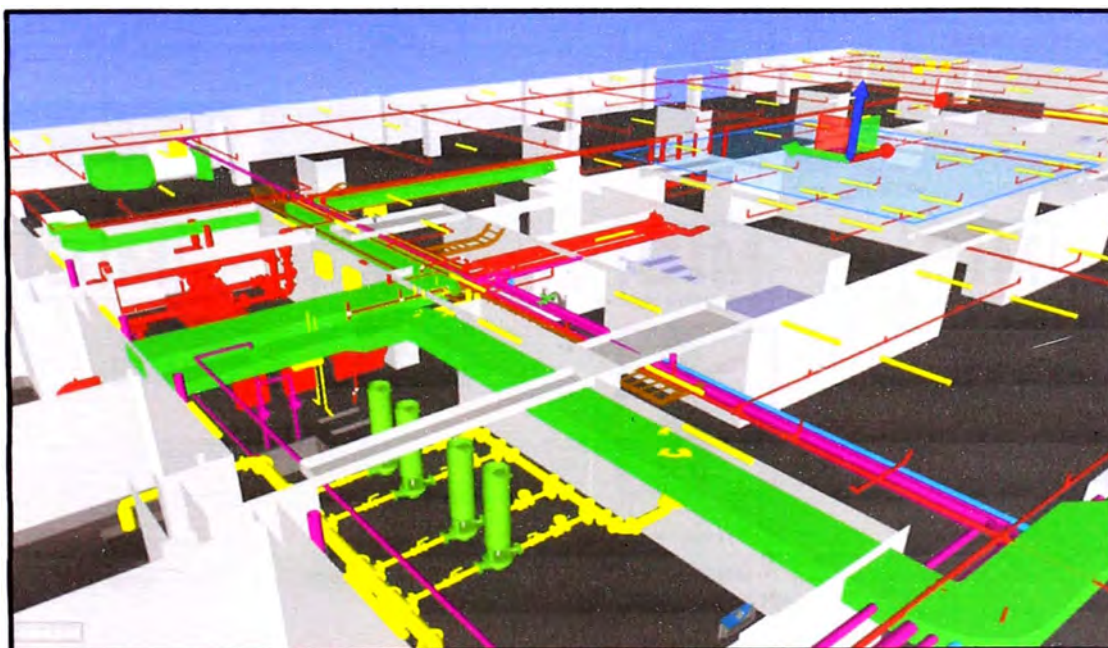


Figura N°5. 18: Integración de Especialidades, Cuarto de Bombas de la nueva sede del banco de la nación

5.3. Etapa de Coordinación BIM en obra.

Es necesario establecer un proceso de coordinación donde participen directamente los subcontratistas, el equipo del proyecto y el equipo BIM pues todos los mencionados tienen el criterio y la responsabilidad suficiente para la toma de decisiones. En el proyecto de la nueva sede del banco de la nación se estableció un proceso conciso donde se plantea que a lo largo de una semana pueda ser liberado de interferencias un determinado nivel que estuviera próximo a construirse. el primer paso lo tiene el equipo BIM que compatibiliza el nivel basado en un criterio espacial, es decir que acomoda las instalaciones (Bandejas, ductos, tuberías, conduits, luminarias, etc.) con el fin de que estas no interfieran entre si teniendo en cuenta el ordenamiento espacial ya establecido. Posterior a esta compatibilización espacial el equipo BIM Semi-Libera el modelo BIM del nivel en estudio. Esto pasa a manos de los subcontratistas quienes deben de realizar una revisión exhaustiva de dicho modelo y enviarnos un listado de observaciones corrigiendo en base a su criterio experto y a la norma de su especialidad. El equipo BIM recibiría este listado de observaciones con el fin de actualizar el modelo y limpiarlo totalmente de incompatibilidades tanto técnicas como gráficas y se dispone a "Liberar el Modelo BIM" de dicho nivel.



Figura N°5.19: Proceso de Coordinación BIM en la Obra Nueva Sede del Banco de la Nación, Cortesía Cosapi Ingeniería y construcción.

5.3.1. Rol de los Sub-Contratistas.

Los contratistas especializados son responsables de monitorear el modelo de su especialidad utilizando herramientas 3D (Navisworks Freedom), una vez que la arquitectura y estructura esta compatibilizada el contratista de Instalaciones Sanitarias tomara el papel principal en el proceso de coordinación pues las redes sanitarias de desagüe adquiere la característica de casi inamovible ya que se deberá respetar su pendiente de 1%, (dependerá de las especificaciones), ya que si este factor se altera el cálculo falla. El segundo en impacto es por lo general el contratista de Instalaciones Mecánicas por la dimensión de los ductos y el tamaño de los equipos hacen difícil su desplazamiento y acomodo dentro del espacio existente entre el Falso Cielo Raso y el Fondo de Losa estructural, posteriormente vienen las redes de Contraincendios que debido el material con el que son fabricados sus tuberías (Clase 10 de Acero) se hace laborioso ejecutar los quiebres, esta dificultad es proporcional al diámetro de dicha tubería. Los últimos en la lista son las Redes Eléctricas y de Comunicación ya que debido a que los conduits y bandejas son en su mayoría manejables cuando se trata de realizar quiebres para evitar interferencias, no obstante deben respetarse las separaciones mínimas entre bandejas y tuberías que exigen la norma.

Los contratistas especializados también están involucrados al inicio del proceso para que puedan proporcionar información en las cuestiones de viabilidad de construcción y operaciones para el equipo de diseño. Básicamente su aporte es por el criterio técnico especializado que ellos manejan el cual es de vital importancia para afinar la compatibilización interdisciplinaria y de este modo emitir un modelo construible.

5.3.2. Sesiones ICI (Ingeniería Concurrente Integrada)

La coordinación de diseño detallado es un proceso intensivo debido a las muchas dependencias recíprocas entre la colocación de los sistemas. Se trata de los diseñadores y contratistas especializados. El trabajo detallado para cada operación depende de la información de los diseñadores y otros contratistas. Por ejemplo, el contratistas sanitario está interesado en conocer la ubicación de los ductos de ventilación, dimensiones de los equipo HVAC y la ubicación de las

principales montantes del subcontratista mecánico. Al mismo tiempo, el subcontratista mecánico está interesado en encontrar información acerca de las líneas de gravedad del subcontratista de instalaciones sanitarias para que pueda ubicar correctamente las líneas de ductos. El esfuerzo de coordinación implica una buena cantidad de dependencias recíprocas que deben ser resueltos rápidamente. La latencia en la toma de decisiones y el acceso a la información puede afectar seriamente la programación del proyecto. El objetivo es crear un entorno de trabajo colaborativo donde la latencia de la toma de decisión puede ser reducida.

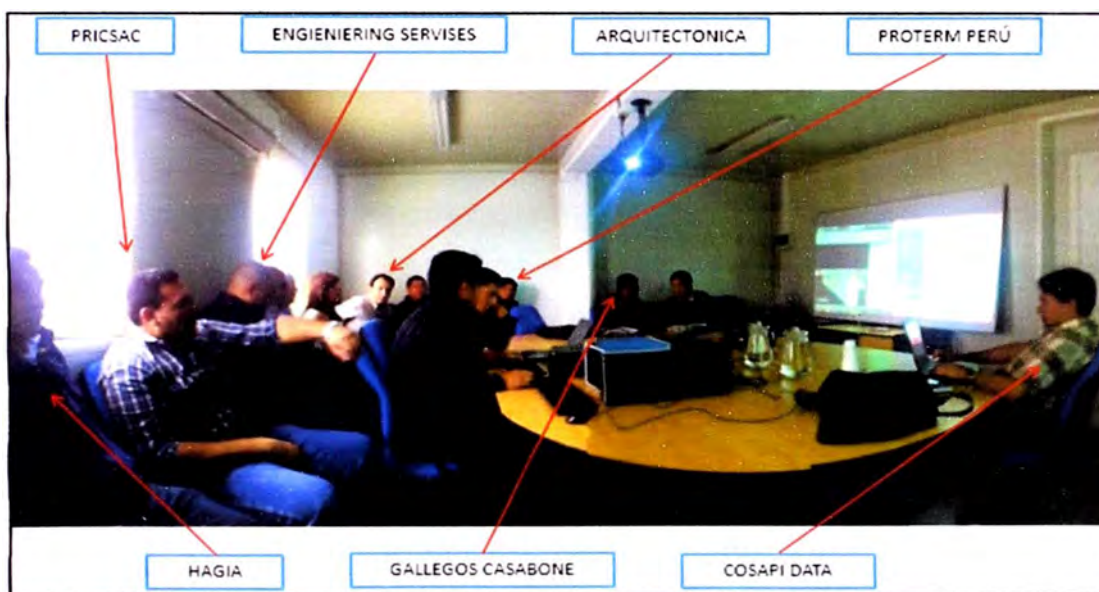
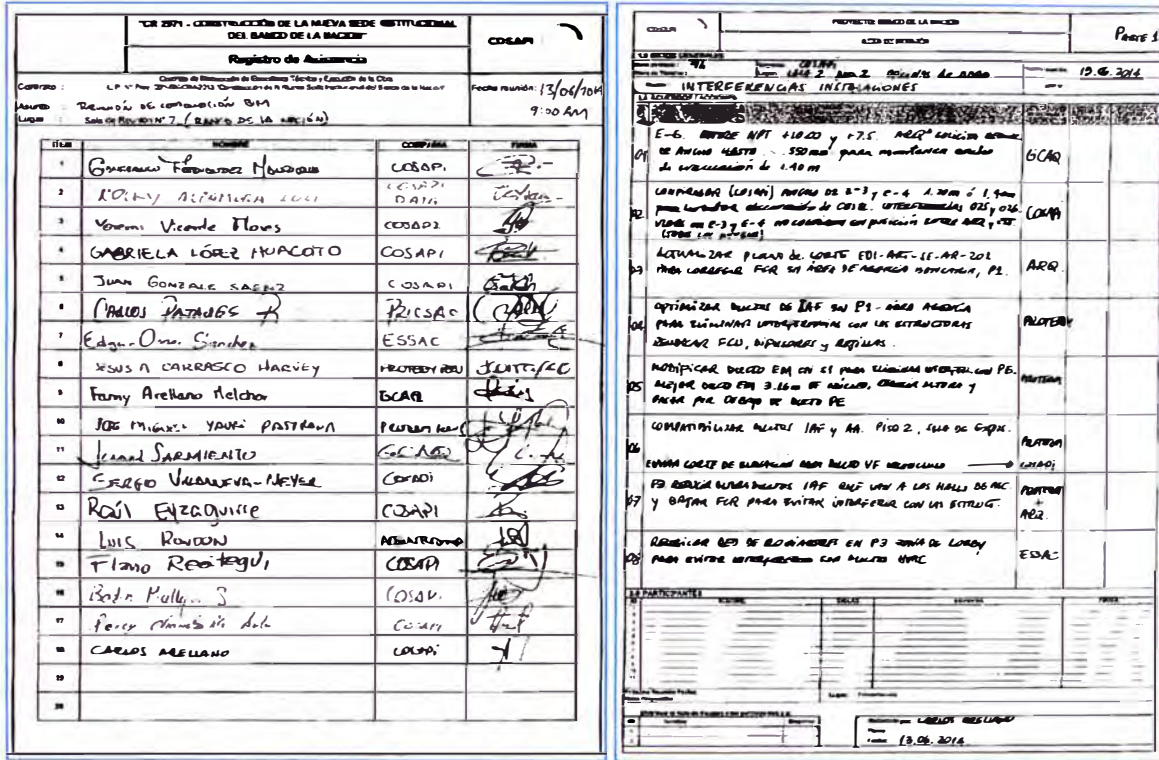


Figura N°5.20: En la Gran Sala los proyectistas de los diferentes sistemas MEP incluyendo arquitectura y estructura se reúnen con los jefes de las instalaciones del proyecto del Banco de la Nación para establecer los criterios de compatibilización a utilizarse.



Figura N°5.21: En la Gran Sala los proyectistas de los diferentes sistemas MEP incluyendo arquitectura y estructura se reúnen con los jefes de las instalaciones del proyecto del Banco de la Nación para establecer los criterios de compatibilización a utilizarse.

Durante la Sesión ICI se llena un acta de reunión donde se registran las conclusiones a las que se llegan luego de exponer cada una de las observaciones y/o interferencias detectadas por el equipo BIM, una persona designada por dicho equipo es la encargada de llevar el acta que pacten las soluciones propuestas por los especialistas y subcontratistas, adicional a ello se llena una registro donde todos los participantes deben de colocar su nombre completo, empresa a la que pertenecen y la firma.



04	OPTIMIZAR DUCTOS DE IAF EN P1 - AREA AGENCIA PARA ELIMINAR INTERFERENCIAS CON LAS ESTRUCTURAS REFORZAR FCU, DIFUSORES y REGIJAS.	PROTERM	
----	--	---------	--

Figura N°5. 22: Acta de Reunión de las Sesiones ICI, con la firma de los participantes y las conclusiones de los temas tratados

5.3.3. Emisión de Planos BIM de Coordinación.

¿A que llamamos planos de coordinación? Es el nombre con el que se bautizó a los planos provenientes de la compatibilización BIM, en estos planos se muestran todas las disciplinas, arquitectura, estructura, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas contra incendios, comunicaciones etc. Donde literalmente ninguna interfiere con otra, esto se realiza con el objetivo de que el subcontratista al que se le entregue dicho plano sepa que hay más instalaciones que solo la suya y sepa que hay solamente un espacio reservado para que pueda pasar su instalación y no debería invadir el espacio destinado a otra disciplina.

A diferencia de los planos del expediente técnico, estos planos tienen detalles adicionales como secciones indicando la altura a la que debe ir cada una de las instalaciones, imágenes en 3D especificando una zona densa de dispositivos

o compleja en cuanto a instalación, adicional a ello en la parte inferior cuenta con una cajetilla que contiene el nombre la empresa subcontratista donde el responsable firma comprometiéndose a respetar los pactado en el plano BIM (Fig. 5.10), e implícitamente si en campo instala algo diferente a lo que muestra el plano BIM y esta acción ocasiona un inconveniente para algún otro contratistas seria de su entera responsabilidad y tendría que corregir asumiendo en tiempo que ello conlleve y el costo que implique (Se adjunta plano en Anexo)

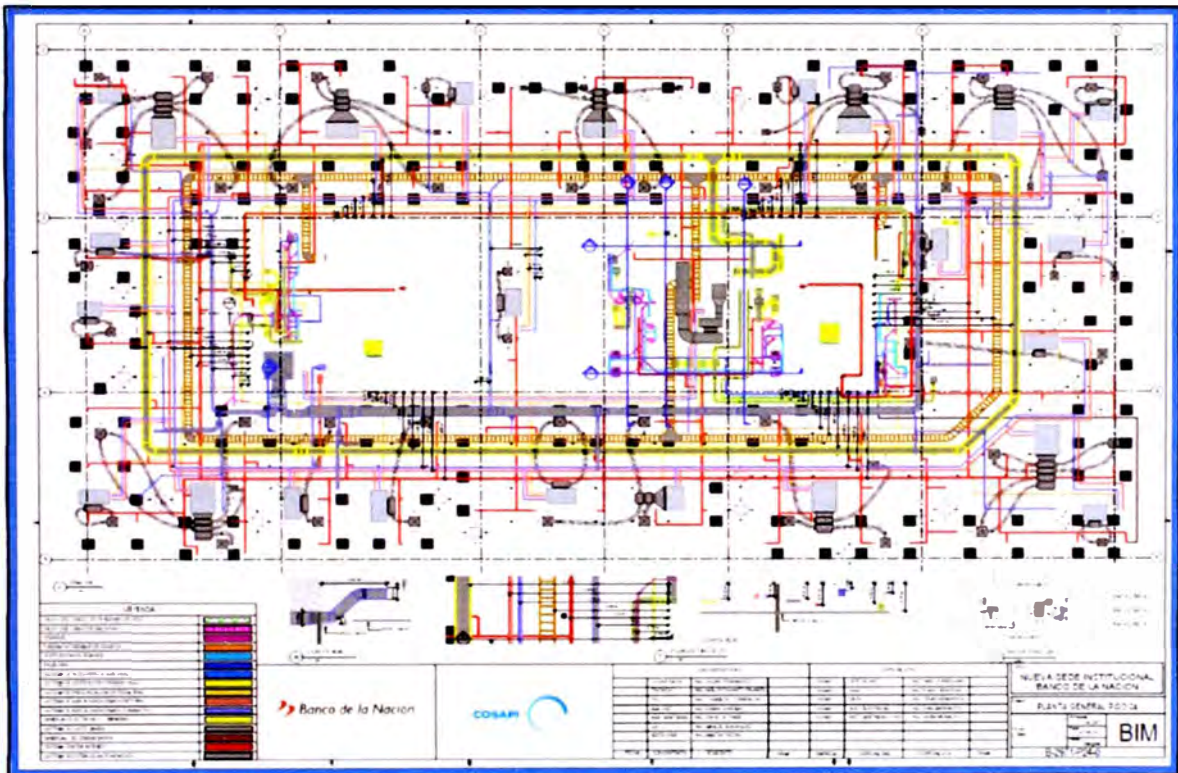


Figura N°5.23: Plano BIM de Coordinación del Proyecto Nueva Sede Institucional del Banco de la Nación, Cortesía Cosapi S.A

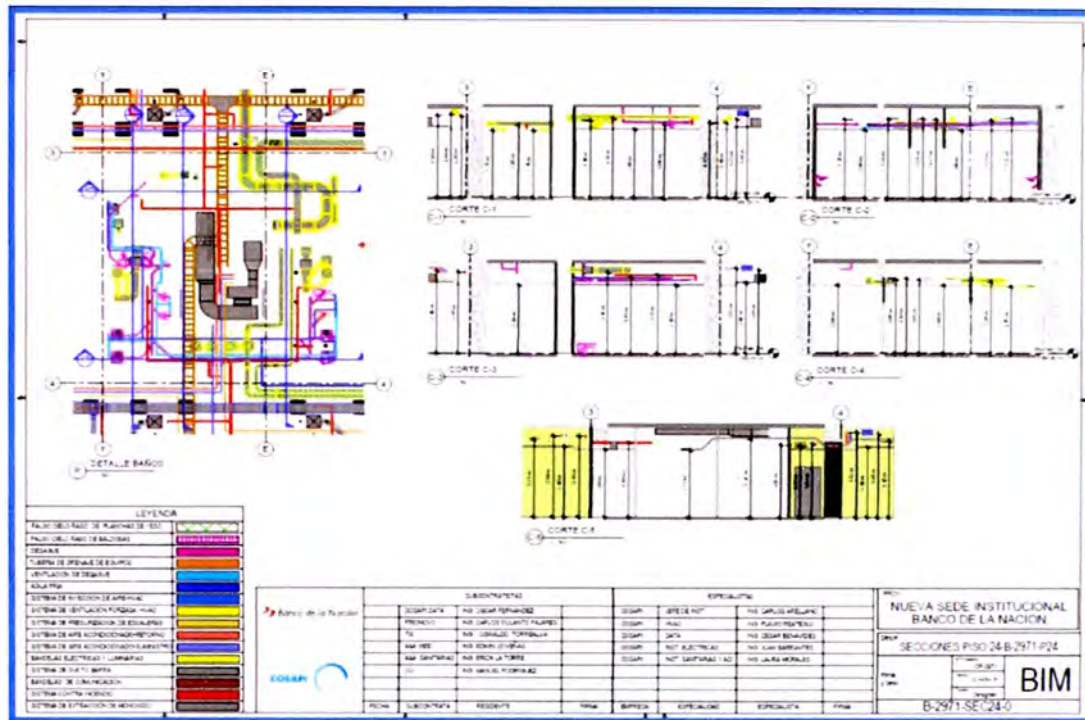


Figura N°5.24: Plano BIM de Coordinación mostrando las secciones ubicando altura y la cajetilla con los responsables de cada subcontrata

5.4. El BIM en Campo

Muchas veces el pensamiento de subcontratistas es “instala el que llega primero” o “todo se define en campo” vencer esta resistencia, que sería el último peldaño en el proceso de coordinación, es crucial pues luego de haber realizado un trabajo exhaustivo de una serie de reuniones, múltiples compatibilizaciones no tendría sentido alguno que el quien instale la bandeja, el ducto o la tubería lo haga como mejor le parezca ocasionando conflictos a los que están próximos a instalar, debido a ello en el proyecto de la Nueva Sede del Banco de la Nación se tomaron las siguientes acciones:

5.4.1. Colocación de Planos BIM físicos en puntos estratégicos

Como sabemos muchas veces no todos los constructores, capataces, maestros de obra, etc. tienen libre acceso a información crucial del proyecto, debido a ello es que se vio conveniente imprimir en formato A0 los planos BIM y pegarlo en lugares estratégicos de concurrencia constante de personal de obra, con el fin de que estén al tanto de la ubicación de sus instalaciones previo al inicio de sus trabajos, es fácil de identificar y diferenciar una instalación de otra pues hay una

leyenda por colores donde se puede visualizar cual es bandeja, tubería, ducto, etc.

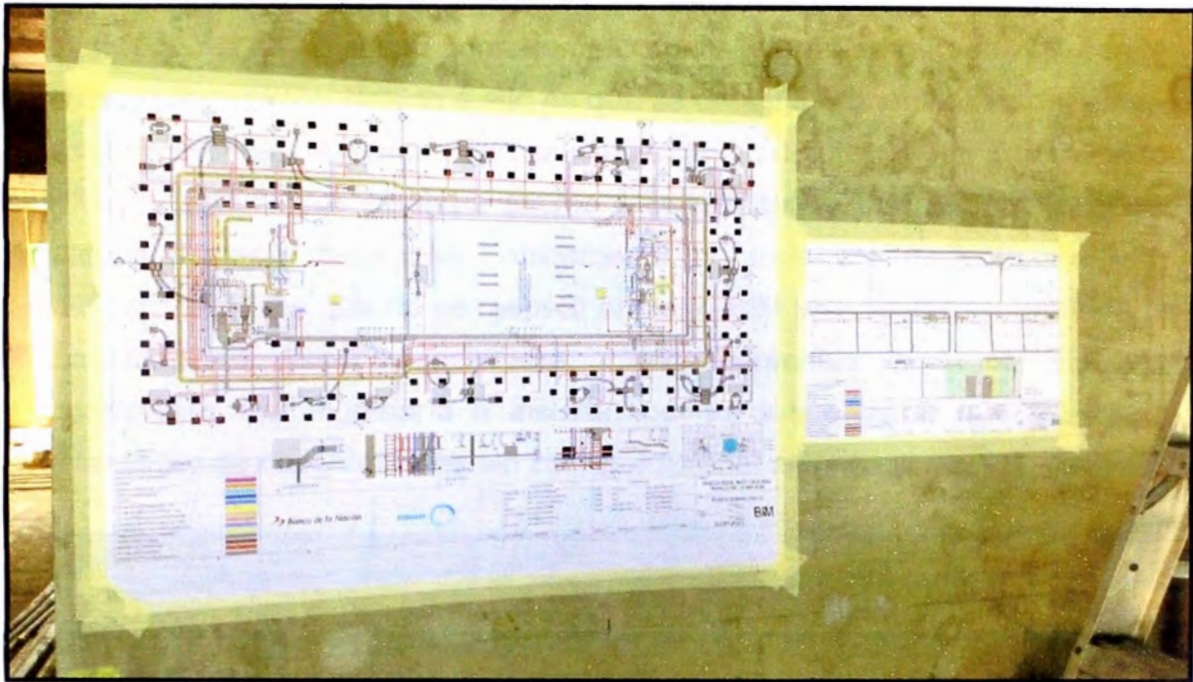


Figura N°5.25: Plano BIM de Coordinación en Campo, Imagen Cortesía de Cosapi S.A



Figura N°5. 26: El subcontratista eléctrico revisa el modelo BIM antes de ingresar a montar sus instalaciones

5.4.2. Auditoria BIM en Campo

Sabemos que debemos de realizar todos los esfuerzos posibles con el fin de que las instalaciones se coloquen correctamente para que no se generen futuros re-trabajos y sobrecostos, debido a ello es que se designó a un miembro del equipo para que realice las auditorias en campo ayudado por una Tablet y un medidor laser digital con el que cotejaba alturas y separaciones horizontales, teniendo resultados bastante favorables, obviamente no todo era perfecto, hubieron algunos casos en los que no se respetó el plano BIM y se emitieron reportes de no conformidad pues ocasionaría inconvenientes con el siguiente subcontratistas que ingresaría a instalar, por lo que tuvieron que realizar el levantamiento de observaciones sin cobrar adicional alguno.



Figura N°5.27: Imagen donde se muestra al arquitecto de obra dando indicaciones al instalador de drywall usando el modelo BIM con el iPad, Cortesia Cosapi S.A

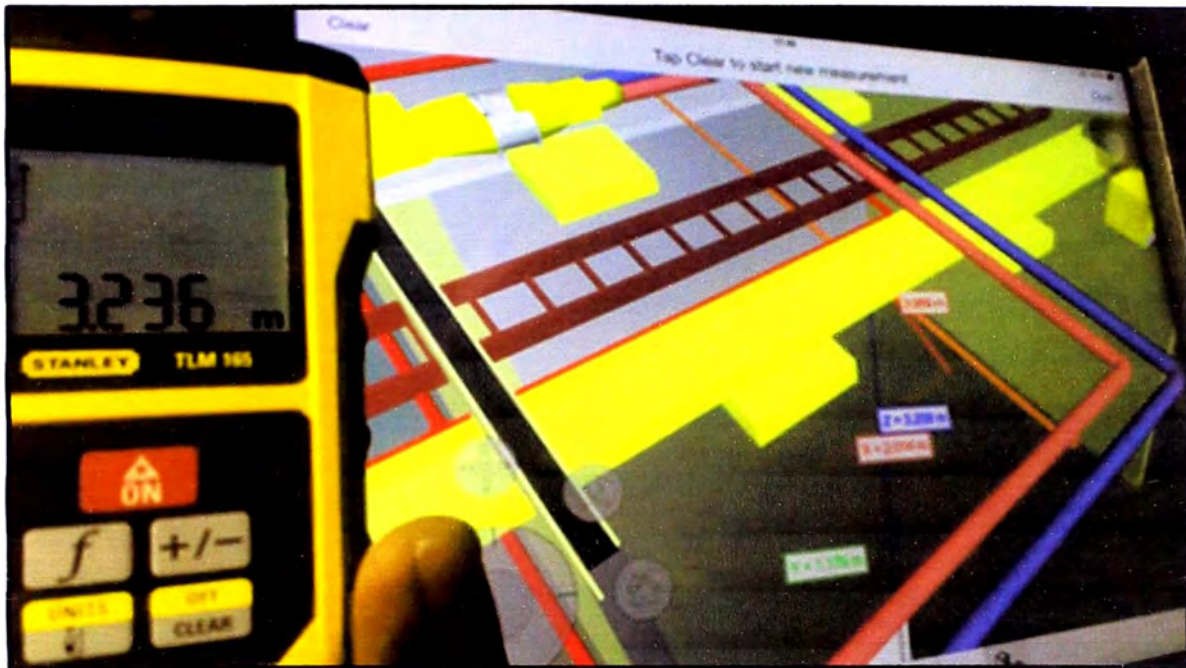


Figura N°5.28: Comparando la distancia de la bandeja al piso en el modelo BIM y la medida tomada con el medidor laser. Cortesía Cosapi S.A

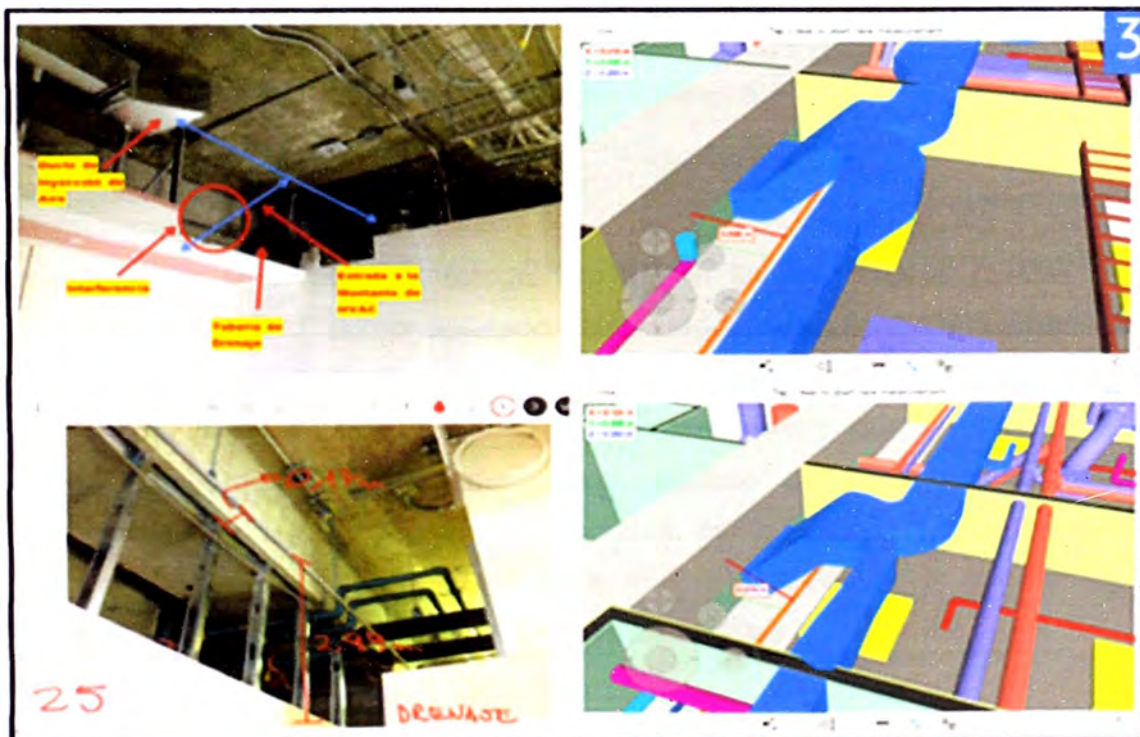


Figura N°5.29: Imágenes donde se muestran algunas no conformidades de BIM, en las imágenes superiores no se ha dejado el espacio entre el ducto y el muro y en las inferiores la soportera del drywal choca con el ducto, Cortesía Cosapi S.A



Figura N°5.30: Se muestra las instalaciones montadas en un techo típico según lo planificado en BIM, Cortesía Cosapi S.A

5.4.3. BIM vs Realidad:

Se realizó un levantamiento fotográfico con el fin de apreciar cuanto de lo planeado, coordinado, compatibilizado había sido llevado a cabo en campo y con él poder comparar cuan diferente resulta ciertos detalles de lo esbozado en el modelo BIM y de esta forma poder aumentar nuestro criterio a la hora de modelar los elementos y compatibilizar. Incluso se tuvo que realizar el modelamiento de las instalaciones temporales, como por ejemplo la Torre Grúa Auto-trepante, pues su desmontaje seria mucho después de la instalación de bandejas eléctricas y de comunicación e impactaba en su recorrido.



Figura N°5.31: BIM vs la Realidad, se observan las bandejas montadas tal cual el modelo BIM, Imagen cortesía Cosapi S.A

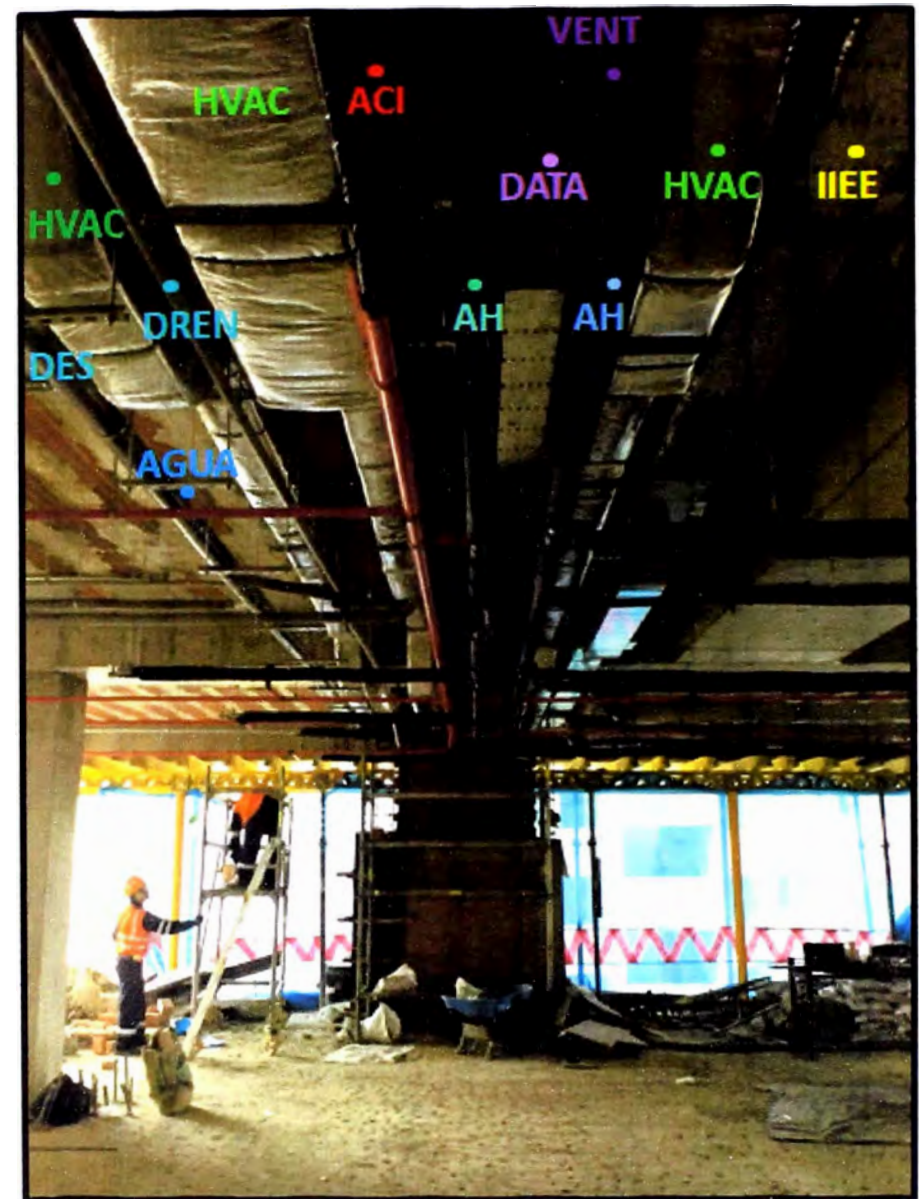
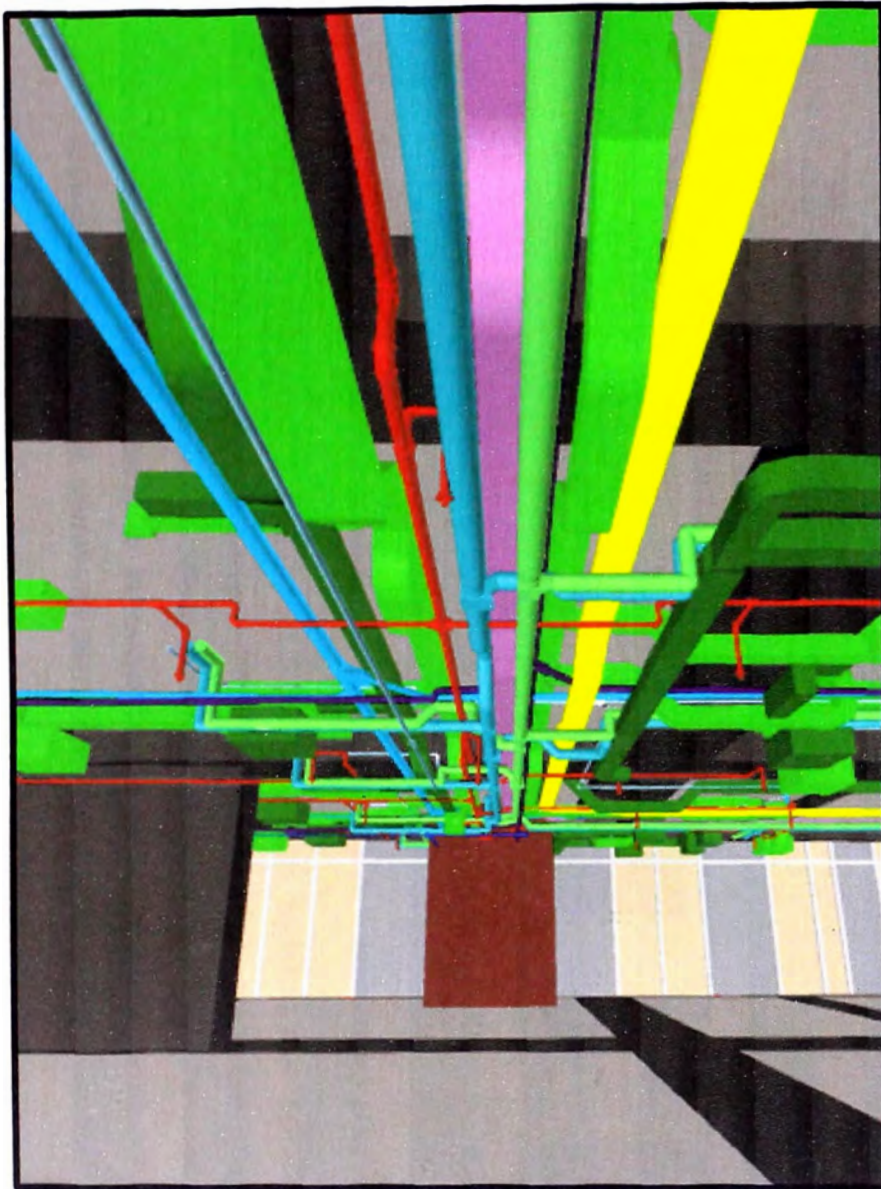


Figura N°5. 32: Match entre instalaciones compatibilizadas en BIM y las mismas montadas en la realidad tales como Aire acondicionado, desagüe, drenaje, agua, agua helada suministro y retorno, ventilación, data y bandejas eléctricas

5.5. Beneficios Calculados.

En el proyecto de la Nueva Sede del Banco de la Nación el uso de las herramientas BIM para la coordinación de las especialidades resultó en beneficios cuantitativos y cualitativos importantes para los miembros del equipo del proyecto. Los beneficios para el propietario, el contratista general, los arquitectos, los ingenieros y los subcontratistas son definidos a continuación

5.5.1. Beneficios para el propietario.

El equipo del proyecto no invirtió tiempo en actividades no productivas, tales como tratar de resolver solicitud de información u órdenes de cambio producto de conflictos detectados en campo durante la ejecución, se detectaron, trataron y solucionaron 1859 incompatibilidades previo al inicio de los trabajos de cada especialidad, 202 correspondiente a instalaciones eléctricas, 182 a instalaciones sanitarias, 353 a redes contraincendios, 300 a instalaciones de comunicaciones y 822 correspondientes a instalaciones mecánicas.(Fig. 5.15)

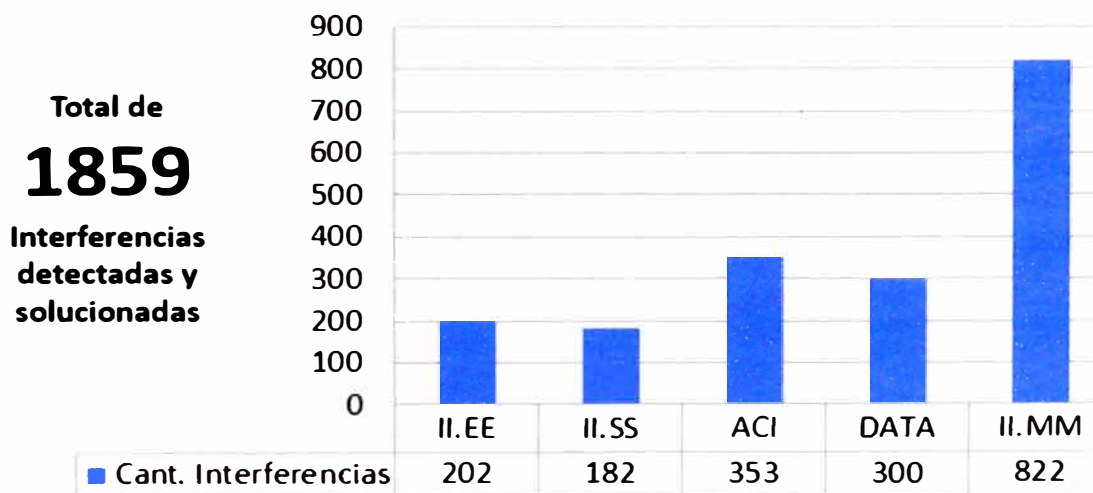


Figura N°5.33: Cantidad de Interferencias detectadas antes de la ejecución por el equipo BIM

Solamente hubieron 16 incompatibilidades que se tuvieron que solucionar en campo por la premura del tiempo (Fig. 5.16), esta información fue obtenida de los reporte de control documentario. El hecho de resolver estas incompatibilidades previa a la construcción le ahorro al cliente cientos de documentos y horas de reuniones para la absolución de RFI's.

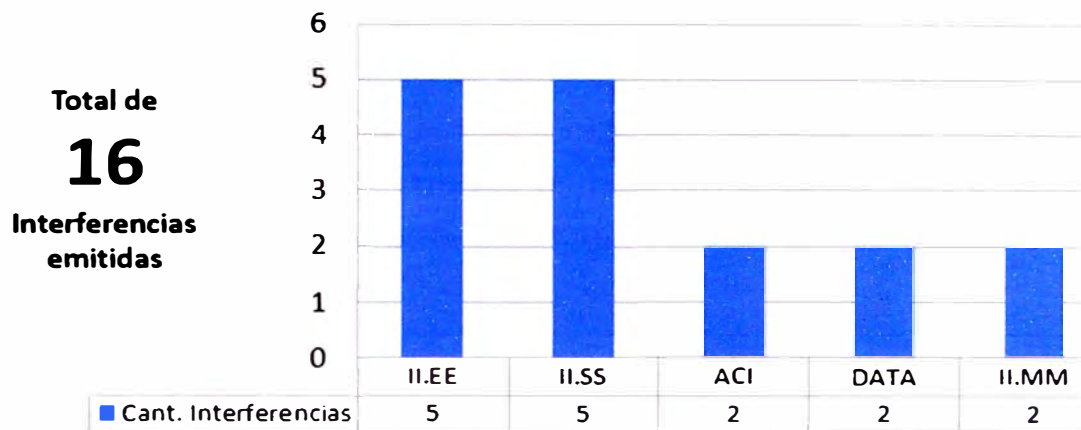


Figura N°5.34: Cantidad de Interferencias detectadas durante la ejecución emitidas sin BIM

El proyecto se ha completado y el edificio está en funcionamiento con 100% de los sistemas MEP instalados. Entrevistamos al equipo del proyecto para determinar la cantidad que normalmente se esperaría gastar en las órdenes de cambio en un proyecto de este tamaño y la estimación fue de alrededor del 1% - 2% del costo de los sistemas MEP. En esta proyección esto es un ahorro sustancial para el propietario

El propietario también tiene un modelo as-built bastante preciso que el grupo de instalaciones estaría utilizando para fines de operación y mantenimiento de las nuevas instalaciones, la información es mucho más fácil de encontrar en comparación con planos 2D tradicionales que normalmente son enviadas al propietario al final del proyecto.

5.5.2. Beneficios para el contratista general.

Los jefes de producción fueron capaces de pasar más tiempo en planificar el trabajo en lugar de reaccionar a los problemas de conflicto de campo en el proyecto.

El contratista general fue capaz de mantener un sitio seguro y eficiente a través de la construcción de sistemas MEP. Debido al hecho de que la mayoría de los sistemas se prefabricaban y solamente eran llevados a campo para su instalación por consiguiente el sitio era mucho más limpio en comparación con otros proyectos de similar tamaño.

5.5.3. Beneficios para los subcontratistas

Los subcontratistas tenían más conocimientos sobre el proyecto, ya que participaron tempranamente durante la resolución de problemas en la etapa de diseño, problemas que normalmente se resuelven en campo. Nos dimos cuenta que una gran cantidad de horas de trabajo se puede ahorrar trabajando con el sistemas BIM, dando lugar a la construcción más eficiente.

Dicho ahorro es directamente aplicable sobre tareas cotidianas que los subcontratistas ejecutan, en base a los ratios históricos que la empresa maneja de obras anteriores se dieron a conocer las 4 principales actividades en las cuales han ahorrado considerable tiempo:

- A. Verificar el ambiente donde se realizara la instalación
- B. Replanteo de los planos de ingeniería de acuerdo a los datos
- C. Enviar los planos para la fabricación
- D. Montaje e instalación

Se realizaron las mediciones en campo del tiempo que los subcontratistas invierten en realizar las labores antes listadas, y como para este proyecto las instalaciones de los pisos son bastante similares se establecieron tiempos promedios para estas actividades.

Horas Ganadas Usando BIM/Piso			
Subcontratista	Utilizando BIM (datos en campo)	Sin usar BIM (ratios históricos)	Horas ganadas
Arquitectura	9	17	8
Instalaciones Sanitarias	8	15	7
Instalaciones Eléctricas	8	14	6
Instalaciones Mecánicas	15	25	10
Instalaciones Contra incendios	14	24	10
Cableado Estructurado	14	22	8
Total	68	117	49

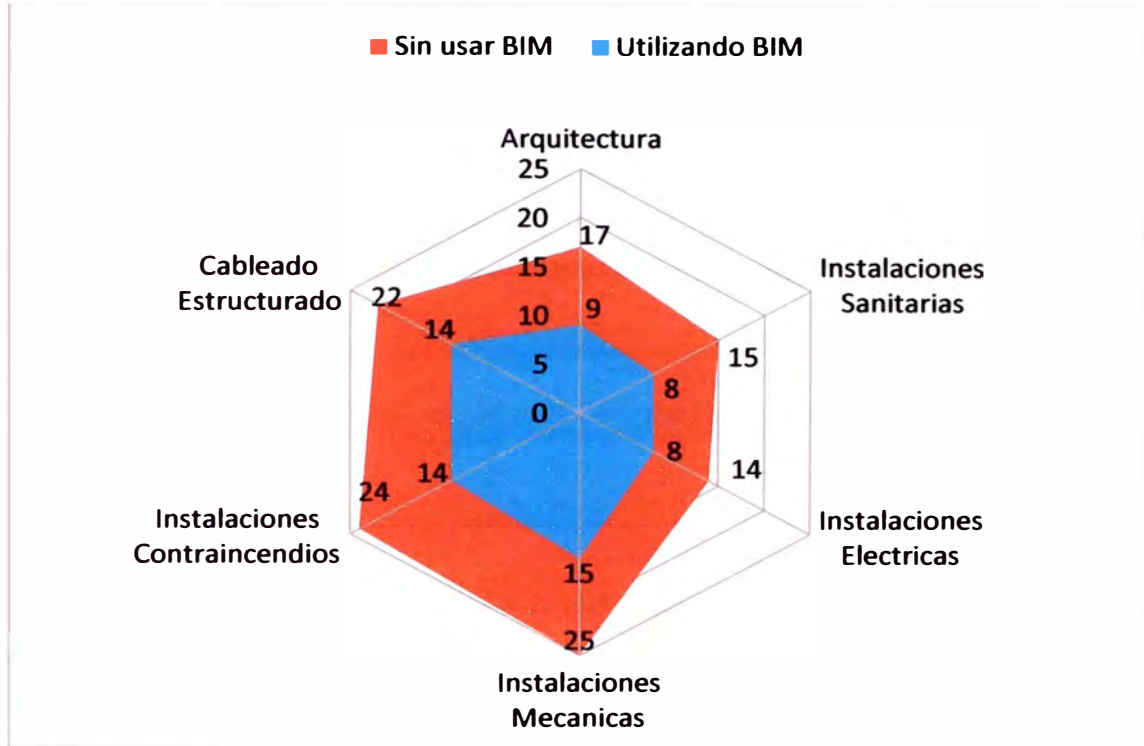


Figura N°5.35: Horas invertidas usando BIM vs Sin usar BIM

N°	Personal por Piso	Costo - Unitario	Costo Total
2	Ingenieros	S/. 4,500.00	S/. 9,000.00
2	Capataces	S/. 2,000.00	S/. 4,000.00
15	Instaladores	S/. 1,500.00	S/. 22,500.00
Costo total por mes / Piso : Σ			S/. 35,500.00
Total de horas Trabajas por mes			200
Costo por Hora /Piso			S/. 177.50
Total de Pisos			35

α : Total de Horas Ganadas por Piso = 49

β : Costo por Hora por Piso = 177.50

γ : Número Total de Pisos = 35

Ahorro generado: $\alpha * \beta * \gamma = S/. 304,412.50$

El ahorro aproximado es de **300, 000 nuevos soles** solamente por la compatibilización anticipada

5.6. Usos adicionales del BIM realizadas en obra.

Contractualmente estábamos comprometidos a realizar la compatibilización de las ingeniarías a instalarse utilizando BIM y programas afines, esto no fue impedimento para poder ir más allá, utilizamos los modelos BIM para otras actividades como planificación, programación y ubicación de pases estructurales que se detallan a continuación

5.6.1. Animaciones para el proceso de instalación del Encofrado Auto-trepante.

Debido a la premura del tiempo de ejecución con el que se contaba se decidió desde la planificación el proyecto el uso del encofrado auto-trepante de la empresa Doka, Gracias a su estructura modular, el encofrado autotrepante SKE plus sin uso de grúa ofreció una solución eficiente para cualquier tipo de construcción. El cerramiento completo proporciona un trabajo seguro y protegido de la intemperie incluso a grandes alturas. Con un equipamiento completamente hidráulico permite desplazar al mismo tiempo muchas unidades de trepado para poder acelerar el proceso constructivo, el proceso de instalación de este encofrado es bastante complejo y explicar a los funcionarios estatales, que no son ingenieros necesariamente y aun así lo fueran, este proceso utilizando planos o imágenes resulta un tanto tedioso y no se logra de todo el objetivo, el cual es que ellos entiendan el funcionamiento, debido a ello se utilizó el modelo de estructuras y agregándoles los elementos adicionales se pudo realizar la animación del proceso de montaje del encofrado auto-trepante de manera muy gráfica.



Figura N°5. 36: El encofrado Auto-trepante Doka en la estructura

5.6.2. Ubicación de pases estructurales y modelado de acero.

Debido a que la estructura contaba con una densidad de acero superior al estándar para proyectos de oficinas en varias zonas se tuvo que modelar el acero de refuerzo para verificar que los pases a realizarse no corten ningún fierro principal pues esto haría que la viga falle, al mismo tiempo sirvió para verificar si los anclajes del muro cortina o de los disipadores sísmicos a instalarse a cada lado en los pisos superiores no causaban interferencia con el acero. Se localizaron un total de 289 pases estructurales en todo el edificio previo al vaciado de los elementos estructurales, por lo cual se ahorró en el uso de diamantina para la perforación de las estructuras siendo el costo promedio de cada una de estas 200.00 Dólares, es decir se ahorró un promedio de **57,800.00 Dólares** por el no uso de diamantina.

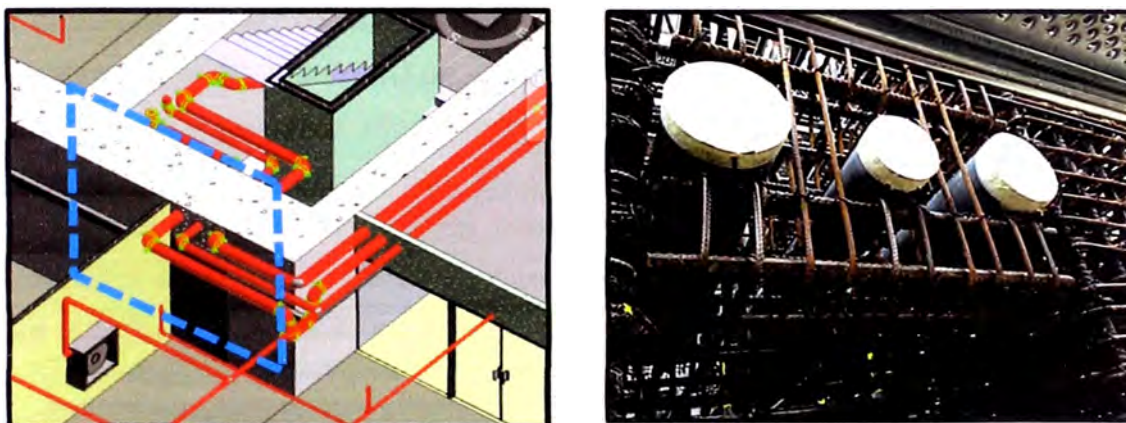


Figura N°5. 37: Ubicación de Pases estructurales en vigas de concreto usando el modelo BIM

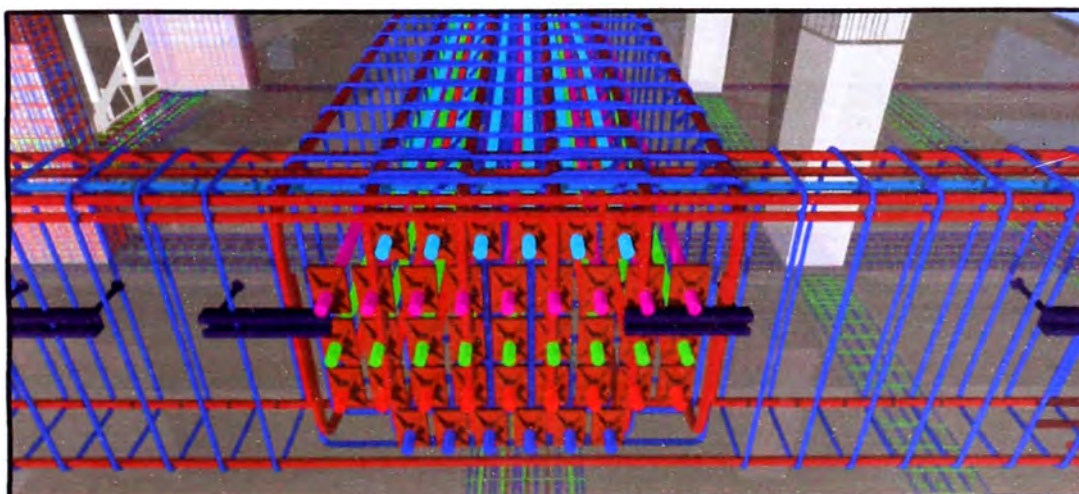


Figura N°5. 38: Modelado del Acero de Refuerzo y anclajes de muro cortina para evitar interferencias

5.6.3. Simulación 4D en la coronación del Edificio.

EL proyecto ha tenido zonas o niveles unos más complejos que otros, el criterio para definir su complejidad radica en la cantidad de instalaciones que posee, el poco espacio que existe para maniobrar el traslado de equipos o la altura a la cual se colocaran. Dicho esto el piso 31 es el último nivel del edificio y cuentan con estos tres criterios que lo definirían como complejo, pues hay que instalar un helipuerto, torres de enfriamiento, montar y desmontar andamios para la colocación de la estructura del muro cortina, desmontar la protección de fachada del encofrado auto-trepante, equipos de extracción de aire acondicionado, equipos de presurización de escaleras, dos equipos Derrik para poder desmontar la Torre Grúa, entre otras actividades a realizarse a más de 135m de altura.

Debido a ello es que se vio necesario realizar un 4D de la coronación del Banco de la Nación, el 4D es la simulación grafica que unifica elementos 3D con el cronograma de obra, este 4D se utilizó en las reuniones de planificación de todo el equipo de ingenieros responsables de las actividades ya mencionadas, y ayudo en el entendimiento grafico de los procesos, liberación de zonas de trabajo, adecuar los tiempos de instalación considerando otras instalaciones aledañas y a acelerar el tema logístico pues se tenía que tener los equipos listos para subirlos y montarlos.

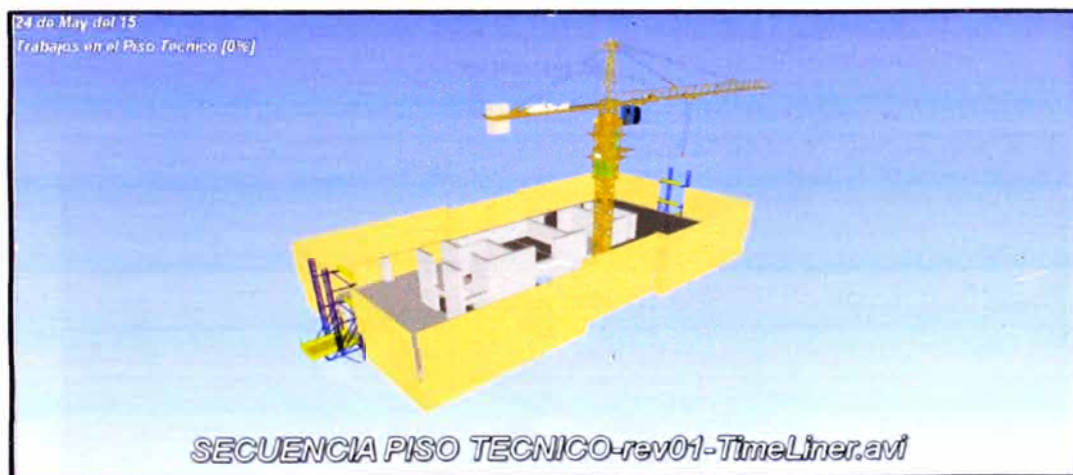


Figura N°5. 39: Secuencia 4D de la Coronación del edificio, desmontaje de protección de fachada y montaje de Helipuerto

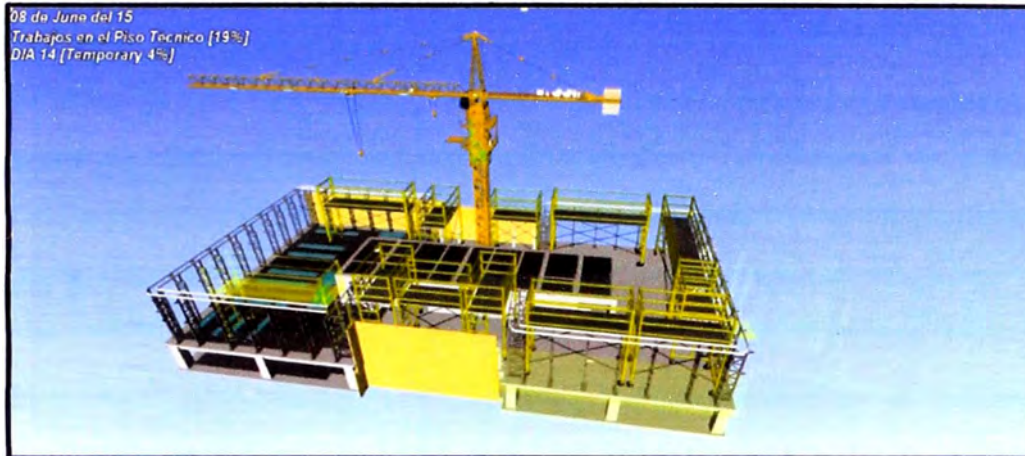


Figura N°5. 40: 4D de la Coronación del Edificio, Colocación de andamios para montaje de Estructura de muro cortina

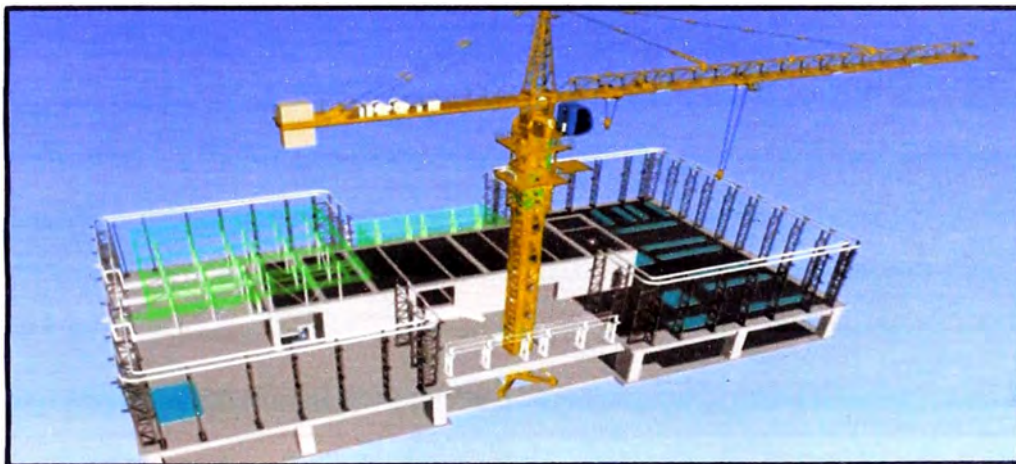


Figura N°5. 41: 4D de la Coronación del Edificio, Retiro de andamios y colocación de soporteria del muro cortina

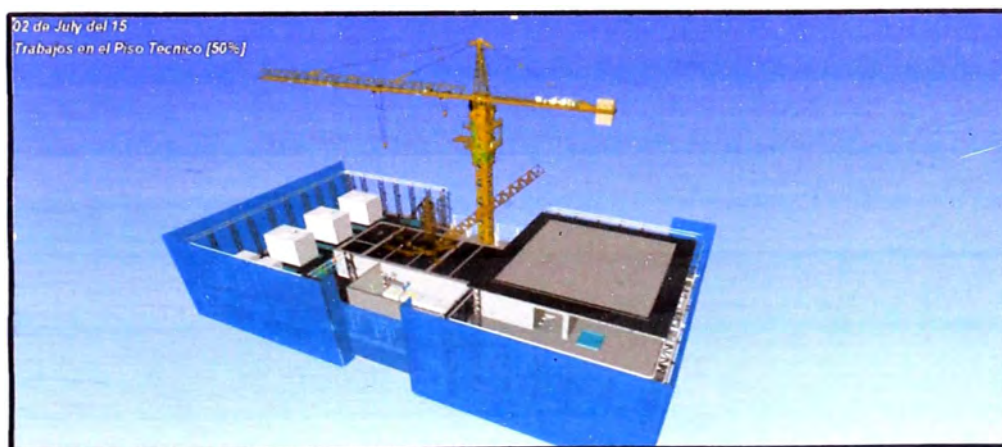


Figura N°5. 42: 4D de la Coronación del Edificio, Montaje del Derrik para desmontaje de la TC1, colocación de muro cortina y equipos

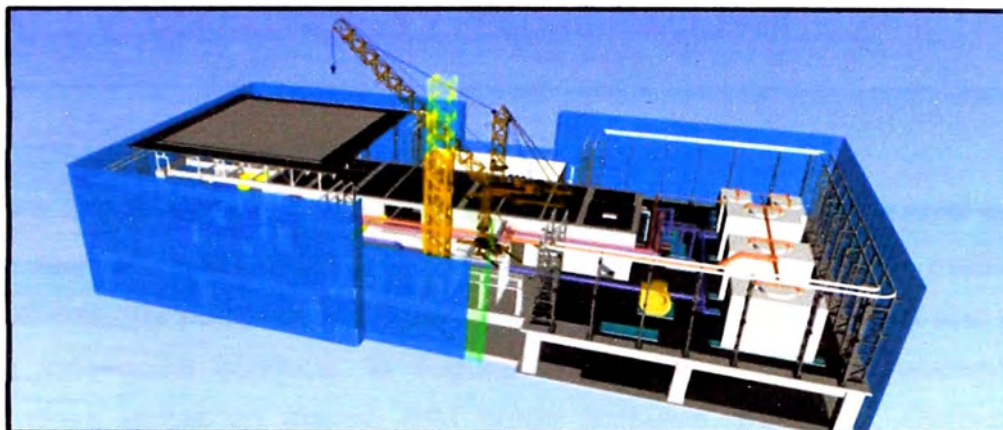


Figura N°5. 43: 4D de la Coronación del Edificio, Desmontaje de la TC1, colocación de tuberías, ductos y equipos mecánicos

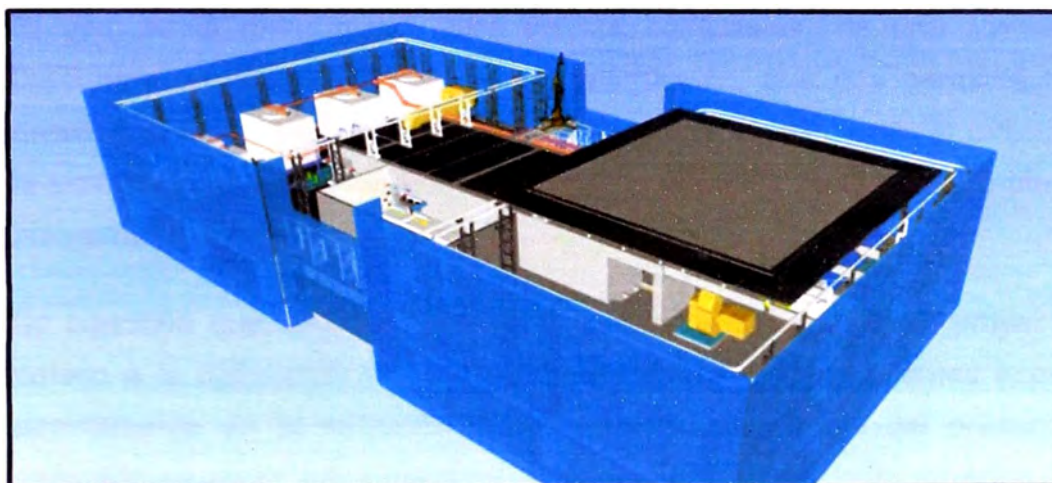


Figura N°5. 44: 4D de la Coronación del Edificio, Desmontaje del miniderrick, fin de colocación de muro cortina

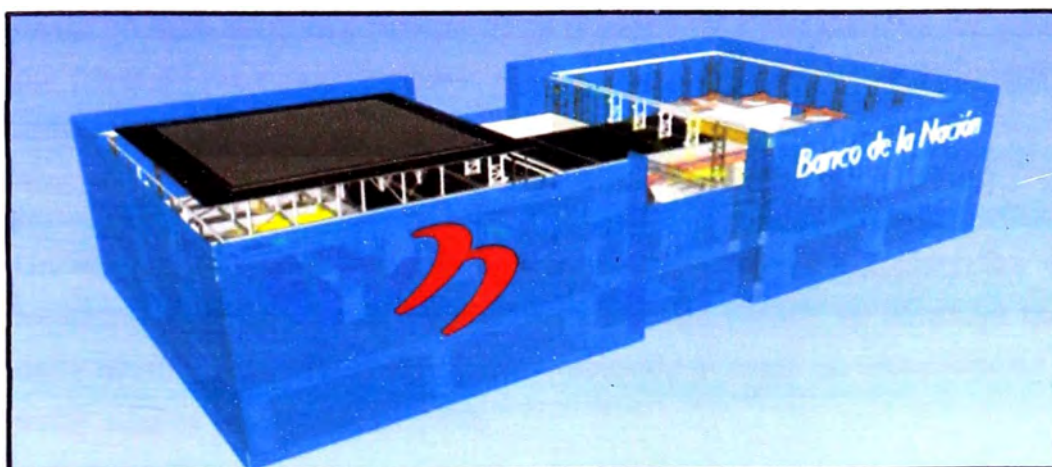


Figura N°5. 45: 4D de la Coronación del Edificio, Montaje del Logo del banco de la nación

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Para lograr Implementar BIM en las diversas organizaciones a nivel nacional se requiere dos condiciones básicas; la primera es que se establezcan políticas que permitan introducir esta nueva tecnología, es decir una política de innovación continua, la segunda es la infraestructura necesaria que conlleva armar un equipo BIM como Software, hardware, Capacitación, consultoría, etc.
- El uso de la metodología BIM en las compañías, es una innovadora propuesta de gestión del diseño y construcción, que nos permitirá tomar decisiones en etapas tempranas, eliminar desperdicios y obtener mejoras en la productividad como las que se han obtenido en el caso de éxito peruano presentado en esta tesis.
- Se concluye que casi un 70% de todos los problemas de un proyecto es debido a la deficiencia en la información y que estos problemas impactan directamente en la rentabilidad del proyecto, casi 2% del presupuesto estimado se va en adicionales de obra por deficiencia de información, caso práctico de torre Begonias (AES A 2012)
- Se estimó que implementando el sistema BIM en un proyecto se ahorra hasta un 40% en horas hombre en el proceso de instalación de los sistemas por parte de los subcontratistas, este ahorro en su equivalente monetario es aproximadamente de trescientos mil soles, este monto es sin considerar los ahorros por los no sobretiempos, penalidades, etc.
- Un 45% del total de las interferencias detectadas y solucionadas están relacionadas a problemas con las instalaciones HVAC, se concluye que se debe diseñar esta especialidad contemplando el resto de instalaciones para evitar futuros problemas en obra.
- Los primeros resultados de la implementación de BIM se dan con la mejora de las comunicaciones entre todos los involucrados, logrando de esta

- manera una eficiencia del 99% en la detección de incompatibilidades previo a la ejecución de las instalaciones (Fig. 5.18 y Fig. 5.19).
- La inversión calculada para la implementación BIM en el proyecto a lo largo de 7 meses fue dividida según la siguiente tabla

Servicio/Cargo	Cantidad	meses	costo/mes (U\$\$)	costo total (U\$\$)
Coordinador	1	7	2,000.00	14,000.00
Soft + Hard	1	7	750.00	5,250.00
Modelador	3	7	1,500.00	31,500.00

Estos costos parciales hacen un total de U\$\$ 50,750.00 que al cambio serian aproximadamente de S. / 165,000.00, este monto se le restaría a los S./300.000,00 calculados como ingresos por ahorro de HH en la realización de trabajos en campo por el uso del BIM, originando una utilidad neta aproximada de S./ 135,000.00

6.2. Recomendaciones

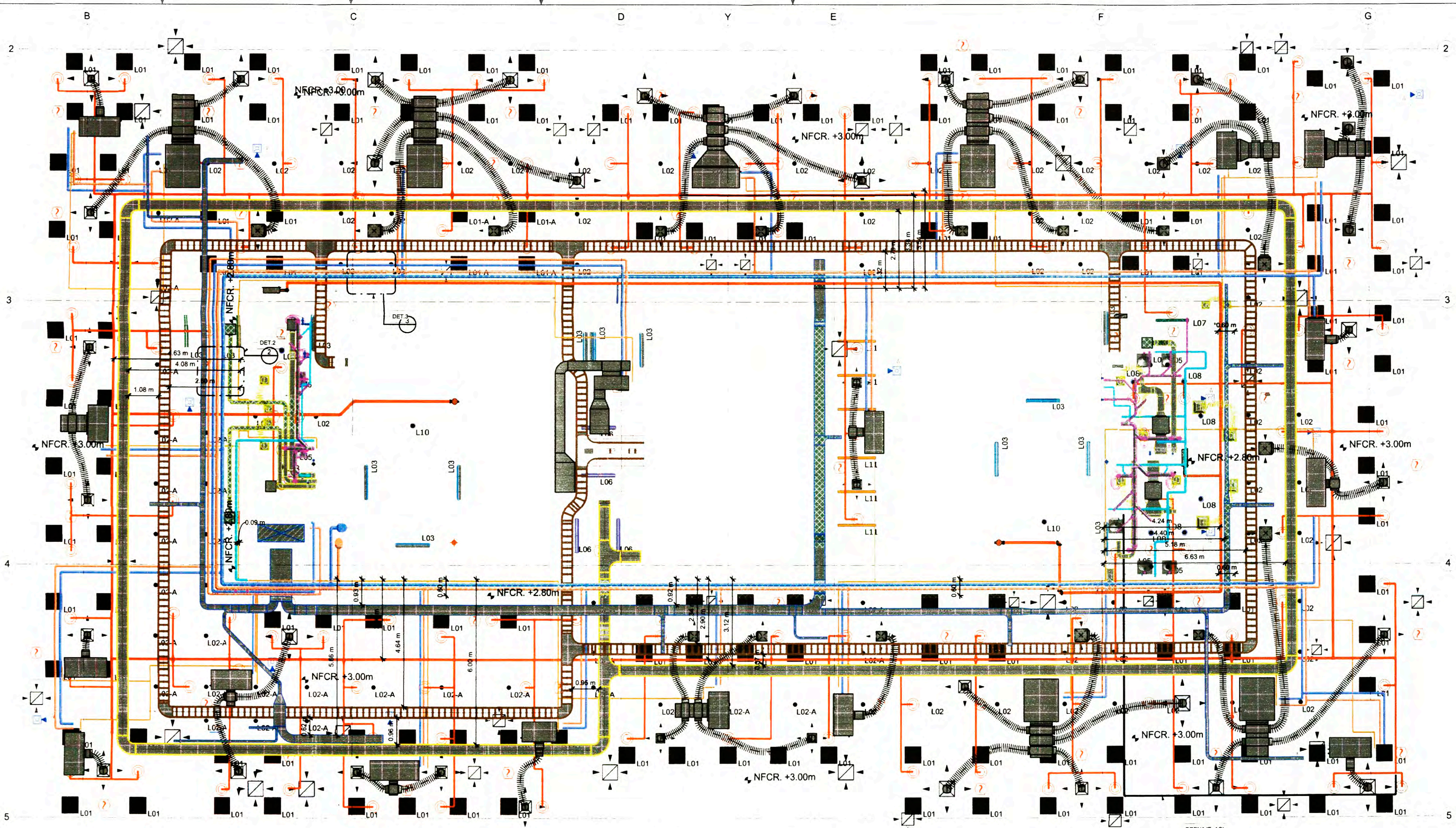
- Para que la implementación BIM en un proyecto tenga éxito se debe de realizar una planificación previa, necesario darse un tiempo prudente para poder revisar toda la información del proyecto, armar un WBS, establecer un cronograma de actividades y poder controlar los avances tanto del modelado como de la coordinación BIM.
- Es indispensable establecer un orden espacial de las diversas disciplinas que van embebidas dentro del falso cielo raso antes del arranque del proceso de modelado, esto con el fin de poder minimizar la cantidad de interferencias que puedan identificarse
- Es necesario llevar un control estadístico del proceso de resolución de incompatibilidades de esta manera se puede mostrar al cliente o a los directivos los beneficios cuantitativos de a la aplicación BIM dentro del proyecto, en el caso del banco de la nación se obtuvo una eficiencia del 98% en la resolución temprana de incompatibilidades.

- El éxito de la implementación de BIM radica en el enriquecimiento del modelo por parte de los involucrados, por ello es necesario que exista un responsable (BIM manager), quien tendrá como función principal Organizar el equipo de modeladores BIM recopilar e identificar las interferencias e incompatibilidades detectadas por los modeladores, agendar y convocar a los involucrados a las sesiones de trabajo y establecer los plazos para el cumplimiento.
- Cada organización debe establecer lineamientos básicos o un estándar para la utilización de BIM desde etapas iniciales, por ello es necesario que se elabore un manual de procedimientos para ser compartido por el equipo (BIM manager, modelador BIM y usuario BIM), el mismo que se irá mejorando conforme crece la implementación

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Building Smart Alliance**, "Planning guide for facility owners", Second Edition, June 2013
2. **Building Smart Alliance**, "Constructing the business case: Building information modeling". British Standards Institution, London, 2010
3. **Eastman Chuck**, "BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling", Second edition, 2008 Education, 2007
4. **Fernández Gómez Iván**, "Interacción de procesos BIM sobre una vivienda del movimiento moderno. La Ville Savoye", México, Junio 2013.
5. **Hoffer Rae Erin**, "Midiendo el valor de BIM: Alcanzar un ROI estratégico" Estados Unidos, 2015
6. **Instituto de Estudios Sindicales** "Sector de la construcción, producción – Condiciones de trabajo – Inversiones, Lima, Enero 2012
7. **Kunz John & Fischer Martin**, "Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions", Stanford University, Enero 2012.
8. **Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo**, "Síntesis de indicadores laborales en el sector construcción" Lima-Perú, 2014
9. **Navigant Construction Forum** "Impact & Control of RFI on Construction Projects", Abril 2013
10. **Newman. W. L.**, "Basics of social research: Qualitative and quantitative approaches", Second Edition, 2006
11. **Nunnally. S.**, "Construction methods and management". New Jersey: Pearson, 2010
12. **Orihuela A. Pablo y Orihuela A. Jorge**, "Aplicaciones de Lean Design a proyectos inmobiliarios de vivienda", Lima-Perú, 2009
13. **Pereyra Baeza Julio & Salazar Ledesma Guillermo**, "Integración de proyectos utilizando el modelo integrado de información para la construcción", Estados Unidos, Noviembre 2005
14. **Phd.Fischer Martin – Phd Reed Dean**, "Benefits and lessons learned of implementing Building virtual design and Construction (VDC) technologies for coordination of mechanical, electrical and plumbing (MEP) systems on a large healthcare Project", Estados Unidos, 2008.

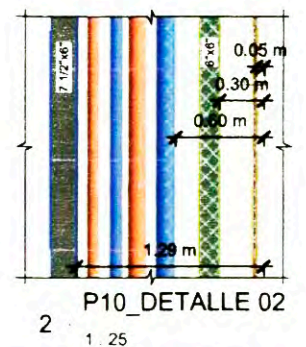
15. **Phd. Messner John - Phd. Anumba Chinmay - Phd. Leicht Robert**, "Building Information Modeling BIM Planning Guide for Facility Owners", Junio 2013.
16. **Rojas Ricardo-Jaspard Henry-Wittwer Francisco-Mellado Miguel**, "Building Information Modeling en la gestión de la construcción", Santiago de Chile, 2013
17. **Saldias Silva Rodolfo Omar**, "Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnología BIM, Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil", Santiago de Chile, Mayo 2010.
18. **Tilley Paul A & Mohamed Sherif**. "Indicator of design and documentation deficiency", Estados Unidos, 1997.



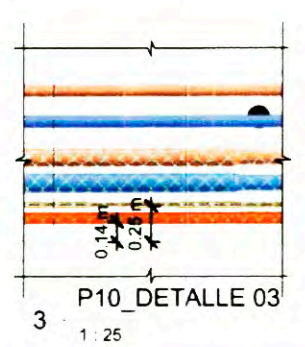
14-Piso 10
1/50

LEYENDA

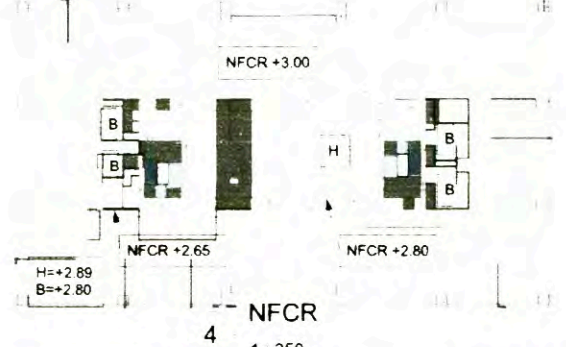
- FALSO CIELO RASO DE PLANCHAS DE YESO
- FALSO CIELO RASO DE BALDOSAS
- DESAGUE
- TUBERIA DE DRENAJE DE EQUIPOS
- VENTILACION DE DESAGUE
- AGUA FRIA
- SISTEMA DE INYECCION DE AIRE-HVAC
- SISTEMA DE VENTILACION FORZADA -HVAC
- SISTEMA DE PRESURISACION
- SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO-RETORNO
- SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO-SUMINISTRO
- BANDEJAS ELECTRICAS Y LUMINARIAS
- SISTEMA DE DUCTO BARRA
- BANDEJAS DE COMUNICACION
- SISTEMA CONTRA INCENDIO
- SISTEMA DE EXTRACCION DE MONOXIDO



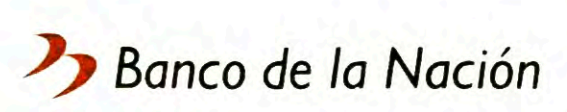
SECCION
2 1/25
P10_DETALLE 02



3 1/25
P10_DETALLE 03



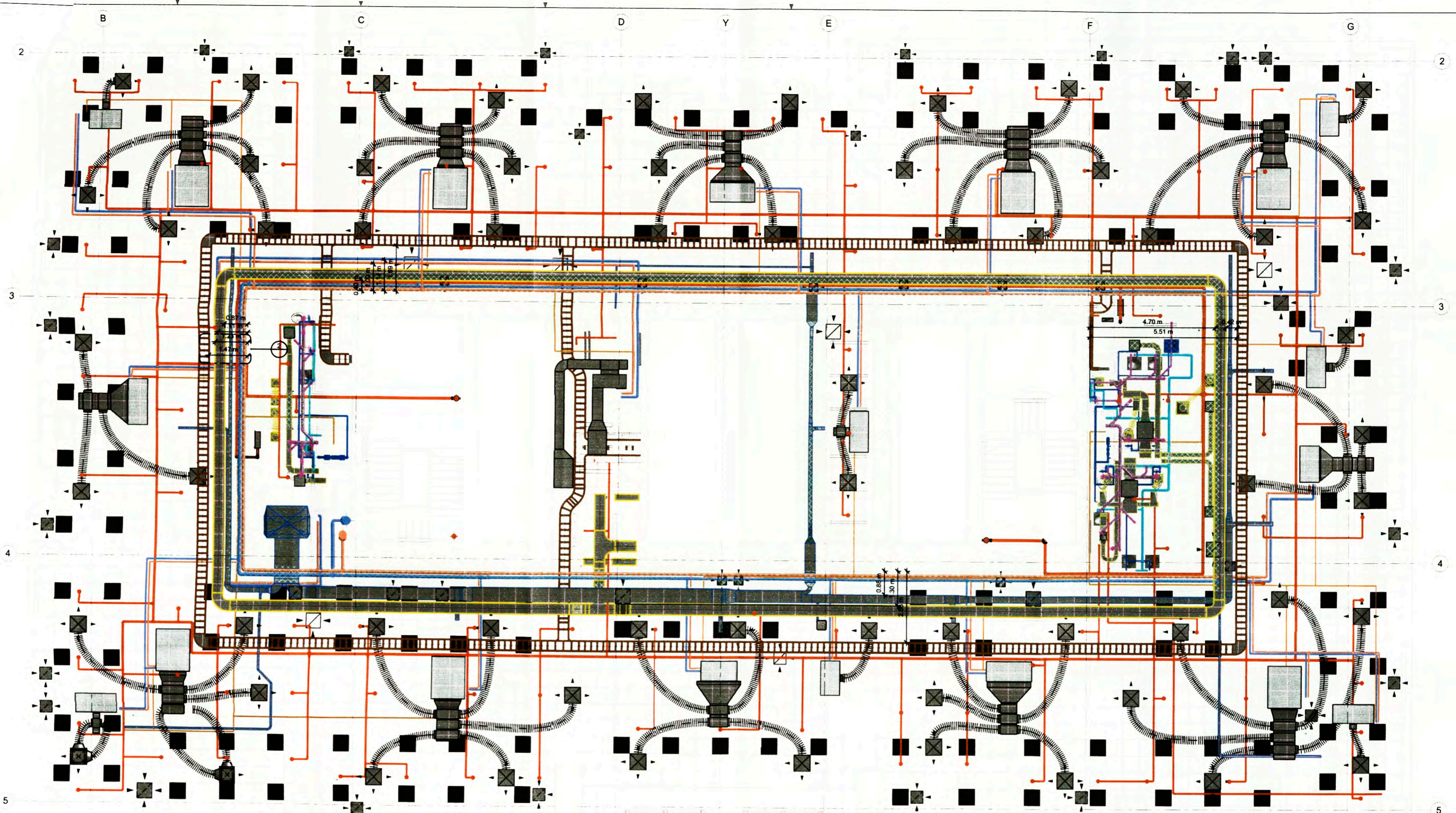
4 1/350
NFCR



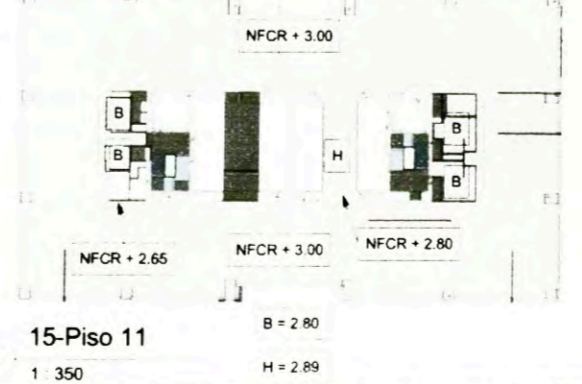
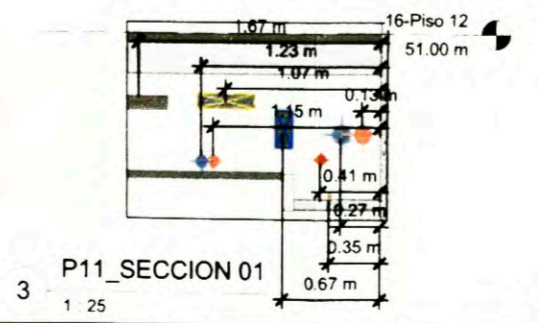
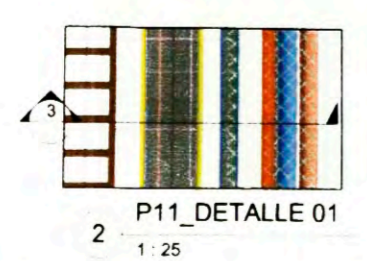
SUBCONTRATISTAS				ESPECIALISTAS			
COSAPI DATA	ING. OSCAR FERNANDEZ	COSAPI	JEFE DE INST	ING. CARLOS ARELLANO			
REFRICORP	ING. MARTIN FIESTAS	COSAPI	HVAC	ING. FLAVIO REATEGUI			
TIS	ING. OSWALDO TORREALVA	COSAPI	DATA	ING. CESAR BENAVIDES			
A&A (IIEE)	ING. EDWIN COVENAS	COSAPI	INST. ELECTRICAS	ING. JUAN BARRANTES			
A&A SANITARIAS	ING. ERICK LA TORRE	COSAPI	INST. SANITARIAS Y ACI	ING. LAURA MORALES			
JCI	ING. MANUEL RODRIGUEZ						

PROY: NUEVA SEDE INSTITUCIONAL BANCO DE LA NACION
 Descr: PLANTA GENERAL PISO 10
 Mº Proyecto: CR-2971
 Fecha: 04/03/2015
 Escala: 1/50
BIM
 B-2971-P10-0



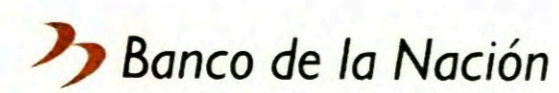


PISO 11
1 1:50



LEYENDA

FALSO CIELO RASO DE PLANCHAS DE YESO	[Symbol]
FALSO CIELO RASO DE BALDOSAS	[Symbol]
DESAGUE	[Symbol]
TUBERIA DE DRENAJE DE EQUIPOS	[Symbol]
VENTILACION DE DESAGUE	[Symbol]
AGUA FRIA	[Symbol]
SISTEMA DE INYECCION DE AIRE-HVAC	[Symbol]
SISTEMA DE VENTILACION FORZADA -HVAC	[Symbol]
SISTEMA DE PRESURISACION	[Symbol]
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO-RETORNO	[Symbol]
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO-SUMINISTRO	[Symbol]
BANDEJAS ELECTRICAS Y LUMINARIAS	[Symbol]
SISTEMA DE DUCTO BARRA	[Symbol]
BANDEJAS DE COMUNICACION	[Symbol]
SISTEMA CONTRA INCENDIO	[Symbol]
SISTEMA DE EXTRACCION DE MONOXIDO	[Symbol]



SUBCONTRATISTAS	
COSAPI DATA	ING. OSCAR FERNANDEZ
REFRICORP	ING. MARTIN FIESTAS
TIS	ING. OSWALDO TORREALVA
A&A (IIEE)	ING. EDWIN COVENAS
A&A SANITARIAS	ING. ERICK LA TORRE
JCI	ING. MANUEL RODRIGUEZ

ESPECIALISTAS	
COSAPI JEFE DE INST.	ING. CARLOS ARELLANO
COSAPI HVAC	ING. FLAVIO REATEGUI
COSAPI DATA	ING. CESAR BENAVIDES
COSAPI INST. ELECTRICAS	ING. JUAN BARRANTES
COSAPI INST. SANITARIAS Y ACI	ING. LAURA MORALES

PROY: NUEVA SEDE INSTITUCIONAL BANCO DE LA NACION

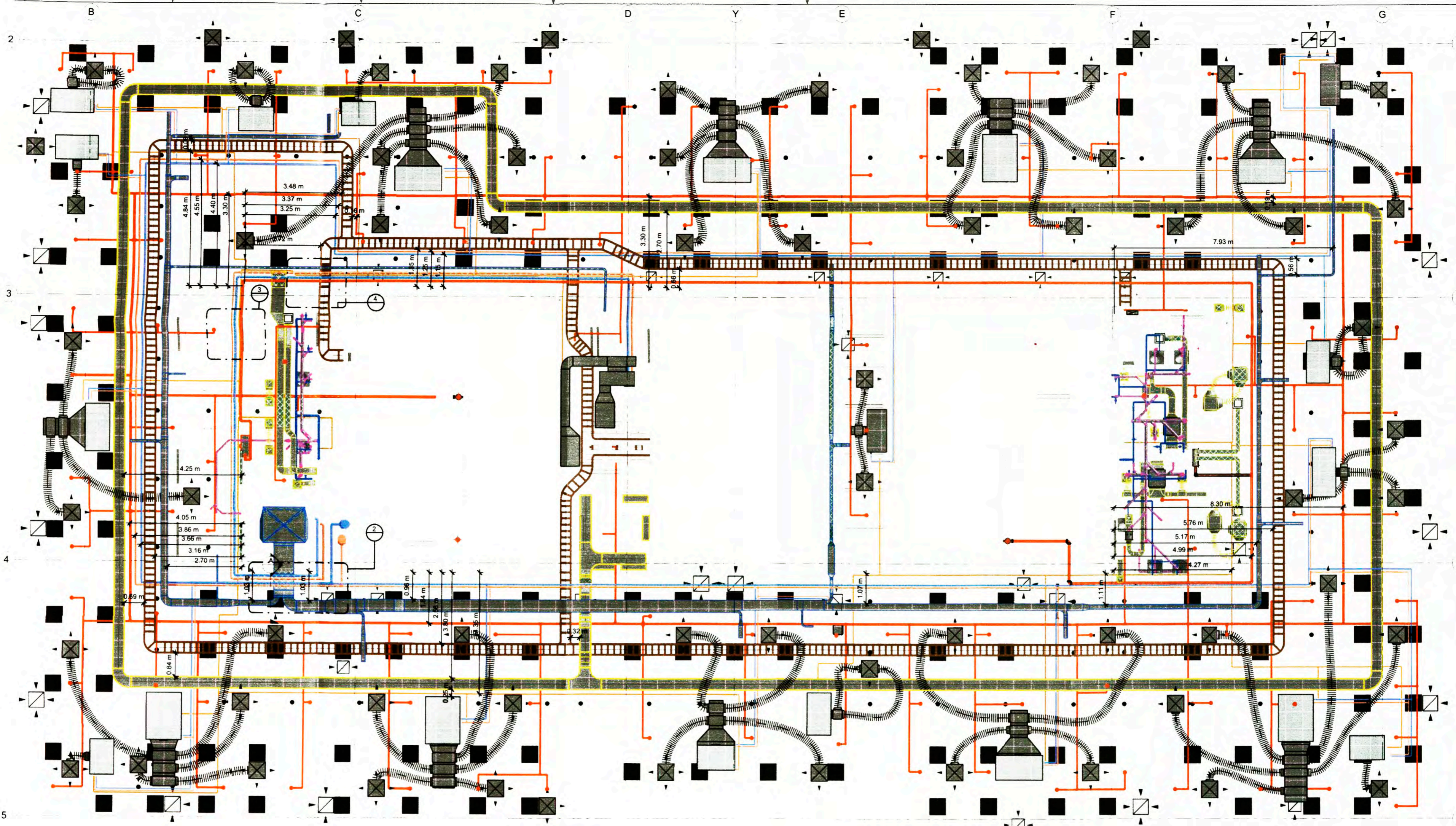
Descr: PLANTA GENERAL PISO 11

Nº Proyecto: CR-2971
Fecha: 04/03/2015
Escala: Designer

FECHA	SUBCONTRATA	RESIDENTE	FIRMA	EMPRESA	ESPECIALIDAD	ESPECIALISTA	FIRMA

B-2971-P11-0

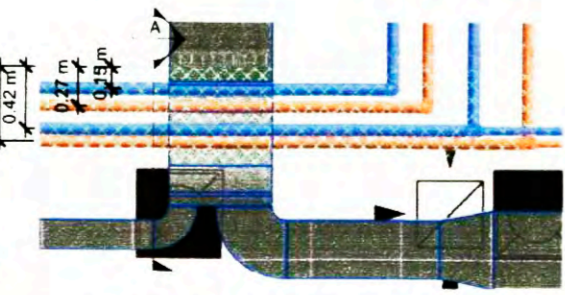
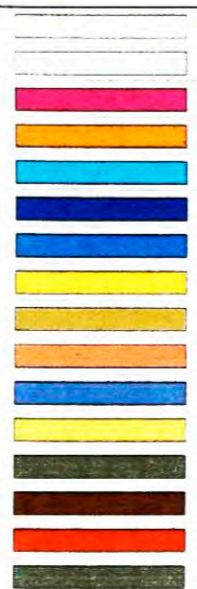
BIM



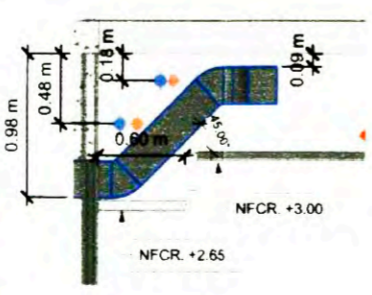
Piso 12
1/50

LEYENDA

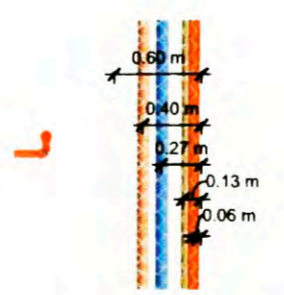
- FALSO CIELO RASO DE PLANCHAS DE YESO
- FALSO CIELO RASO DE BALDOSAS
- DESAGUE
- TUBERIA DE DRENAJE DE EQUIPOS
- VENTILACION DE DESAGUE
- AGUA FRIA
- SISTEMA DE INYECCION DE AIRE-HVAC
- SISTEMA DE VENTILACION FORZADA -HVAC
- SISTEMA DE PRESURISACION
- SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO-RETORNO
- SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO-SUMINISTRO
- BANDEJAS ELECTRICAS Y LUMINARIAS
- SISTEMA DE DUCTO BARRA
- BANDEJAS DE COMUNICACION
- SISTEMA CONTRA INCENDIO
- SISTEMA DE EXTRACCION DE MONOXIDO



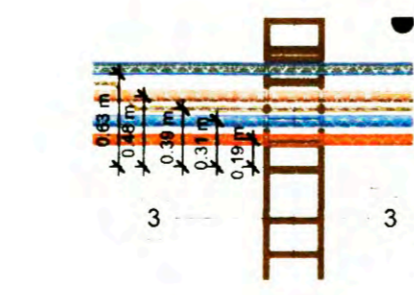
P12-DETALLE 02
1/25



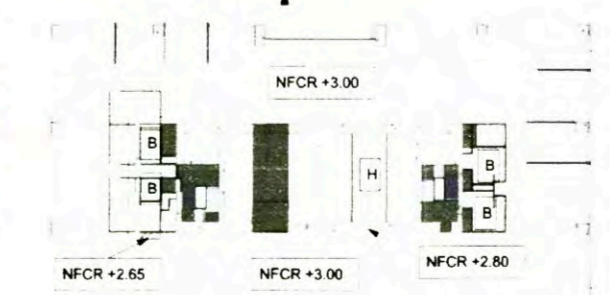
CORTE A
1/25



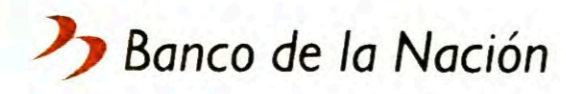
P12-DETALLE 03
1/25



P12-DETALLE 04
1/25



NFCR
1/350



SUBCONTRATISTAS	
COSAPI DATA	ING OSCAR FERNANDEZ
REFRICORP	ING MARTIN FIESTAS
TIS	ING OSWALDO TORREALVA
A&A (IIEE)	ING EDWIN COVENAS
A&A SANITARIAS	ING ERICK LA TORRE
JCI	ING MANUEL RODRIGUEZ

ESPECIALISTAS	
COSAPI JEFE DE INST.	ING CARLOS ARELLANO
COSAPI HVAC	ING FLAVIO REATEGUI
COSAPI DATA	ING CESAR BENAVIDES
COSAPI INST ELECTRICAS	ING JUAN BARRANTES
COSAPI INST SANITARIAS Y ACI	ING LAURA MORALES

FECHA	SUBCONTRATA	RESIDENTE	FIRMA	EMPRESA	ESPECIALIDAD	ESPECIALISTA	FIRMA

NOTA : PLANO DE GRILLAS
ED2-ART-DT-NA-AR-612-2

PROY:
**NUEVA SEDE INSTITUCIONAL
BANCO DE LA NACION**

Descr:
PLANTA GENERAL PISO 12

Nº Proyecto: CR-2971
Fecha: 04/03/2015
Escala: 1/50

Firma y Sello

BIM

B-2971-P12-0