

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**“MEJORAMIENTO DE LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE
INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA APLICANDO BIM PARA
OPTIMIZAR LA CONSTRUCTABILIDAD”**

PRESENTADO POR:

**María Luisa Candia Maquera
Luiggui Ronny Javier Navarro Zambrano
Fernando Ireneo Salazar Mestanza**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN GESTION DE LA CONSTRUCCION**

ASESOR: Ing. Jorge Miranda Gamarra

LIMA -PERU

2018

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a nuestras familias por haber sido nuestro apoyo a lo largo de toda nuestra vida. A todas las personas especiales que nos acompañaron en esta etapa, aportando a nuestra formación tanto profesional y como ser humano.

Agradecimiento

Agradecemos todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de la culminación de nuestro trabajo de Investigación. A nuestras familias por siempre brindarnos su apoyo incondicional.

Resumen

La Infraestructura Hospitalaria constituye uno de los principales bienes inmuebles de toda ciudad, por tanto, que permiten la prestación de servicios de salud de la población, motivo por el cual debería brindársele la importancia necesaria a sus procesos de planificación, construcción y mantenimiento, lo cual tradicionalmente se da en nuestro medio de manera convencional. Sin embargo, se tiene la oportunidad de acceder a los adelantos tecnológicos y metodológicos para mejorar dichos procesos, logrando mejores resultados tanto económicos como técnicos.

El presente trabajo de investigación, pretende validar el empleo de conceptos asociados a Metodología BIM, describiendo las ventajas y beneficios del uso de esta herramienta en el desarrollo integral en proyectos de Centros Hospitalarios en el Perú. Proyectos cuyo propietario es el Estado Peruano.

Buscar mediante esta práctica, sentar precedentes para que no solo los constructores, sino y sobre todo el Estado Peruano busque incentivar y promover el empleo de este tipo de herramientas, información, transparentándola y documentando todo los procesos para que sirva como referente en proyectos futuros. El estado creemos, debería tomar acciones y promover normatividad o reglamentación que obligue a utilizar este tipo de herramientas que facilitan el manejo de información, con beneficios tanto para el propietario como para el constructor.

La importancia de poder contar con información en 3D asociada con herramientas que permitan visualizar, costear, planificar en todo el desarrollo del proyecto; desde sus inicios hasta la culminación de obra.

Herramientas como BIM, reducen considerablemente los riesgos de pérdidas en tiempo y dinero, asegurando por otro lado desde un inicio la buena calidad de las instalaciones de los Centros Hospitalarios proyectados.

Como todo proceso de cambios, el pasar de manejo de información en 2D hacia una información dinámica en 3D es un reto. El costo de inversión inicial para implementar oficinas, cambiar de mentalidad de empresarios, profesionales acostumbrado a la metodología tradicional, se justifica en proyectos hospitalarios que debido a su complejidad tiene presupuestos elevados; comparativamente el ahorro obtenido en obra siempre será superior al monto inicial de implementación y capacitación de una oficina en el uso de herramientas BIM.

A manera de demostración de esta posición, es que desarrollamos con BIM un proyecto que ha sido aprobado y desarrollado de manera tradicional, buscando demostrar las oportunidades de mejora que ofrece la implementación BIM, en cuanto a mejora de la Constructabilidad y mejora de procesos constructivos.

Palabras claves: BIM, constructabilidad, RFI, Expediente técnico.

Abstract

Hospital Infrastructure is one of the main real estate assets of any city, as it allows the provision of health services for the population, which is why hospital's planning, construction and maintenance processes, should be given the necessary importance, in our environment is traditionally done in a conventional manner. However, we have the opportunity to access technological and methodological advances to improve these processes, achieving better economic and technical results.

This research work aims to validate the use of concepts associated with the BIM Methodology, describing the advantages and benefits of using this tool in the integral development of Hospital Center projects in Peru, projects owned by the Peruvian State.

By this practice searching to set precedent so that not only builders, but above all the Peruvian State seek to encourage and promote the use of this type of tools and information, making them transparent and documenting all processes to serve as reference for future projects. The State we believe, should take actions and promote norms or regulations that require the use of this type of tools that facilitate information handling benefiting both the owner and the builder.

The importance of having 3D information associated with tools that allow visualization, costing and planning throughout project development; from its start through the completion of work.

Tools such as BIM, reduce considerably the risks of losses in time and money, ensuring on the other hand from the beginning the good quality of the facilities of the projected Hospital Centers.

As in any change process, moving from 2D information management to dynamic 3D information is a challenge. The cost of initial investment to implement offices, changing the mentality of entrepreneurs, professionals accustomed to the traditional methodology, is

justified in hospital projects that due to their complexity have high budgets; comparatively, the savings obtained on site will always be higher than the initial amount of implementation and training of an office in the use of BIM tools

As a demonstration of this position, is that we developed with BIM a project that has been approved and developed in a traditional way, seeking to demonstrate the opportunities for improvement offered by the BIM implementation, in terms of improvement of the buildability and improvement of construction processes

Keywords: BIM, constructability, RFI, Technical file.

Tabla de Contenido

Resumen.....	iv
Abstract.....	vi
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes de la determinación del problema	1
1.2 Preguntas de investigación.....	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general:.....	2
1.3.2 Objetivos específicos:	2
1.4 Justificación:	2
1.5 Alcance del estudio:	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes de la investigación	5
2.1.1 Aplicación de BIM (Building Information Modeling) en Proyectos Hospitalarios	5
2.1.1.1 Dificultades de la implementación del BIM en proyectos hospitalarios	7
2.1.1.2 Aplicación de BIM durante la instalación de sistemas MEP y HVAC en Hospitales.....	8
2.1.1.3 Beneficios del BIM durante la coordinación de Instalaciones Mecánicas, eléctricas y Sanitarias en edificios Hospitalarios (MEP).....	10
2.1.1.4 Beneficios para el Cliente	11
2.1.1.4.1 Beneficios para los Arquitectos e Ingenieros	12
2.1.1.4.2 Beneficios para el contratista general.....	12
2.1.1.4.3 Beneficios para los subcontratistas de instalaciones	12
2.1.2 Casos estudiados	14

2.2.	Teorías o modelos acerca del tema a tratar	24
2.2.1	Building Information Modeling (BIM).....	24
2.2.1.1	Definición	24
2.2.1.2	Aplicaciones.....	26
2.2.1.3	Métricas para el Impacto del BIM en Proyectos Complejos	28
2.2.2	Constructabilidad	38
2.2.2.1	Definición	38
2.2.2.2.	Conceptos de Constructabilidad	39
2.2.3.	Infraestructura Hospitalaria	46
2.2.3.1	Sobre la Antigüedad y Distribución de Hospitales en el Perú.....	50
2.2.3.2.	Diagnóstico de la Construcción de Hospitales en el Perú.....	54
2.2.3.2.1	Características generales de la elaboración de Proyectos-Expedientes técnicos de Centros Hospitalarios en el Perú.....	54
2.2.3.2.2	Características principales de productos, entregables.....	55
2.2.3.2.3.	Principales involucrados en el proceso	56
2.2.3.2.4	Gestión durante la elaboración y aprobación del Expediente.....	58
2.2.3.2.4.1	Proyecto de Arquitectura	58
2.2.3.2.4.2	Proyecto de Estructuras.....	58
2.2.3.2.4.3	Proyecto de Instalaciones Sanitarias	59
2.2.3.2.4.4.	Proyecto de Instalaciones Eléctricas y Comunicaciones:	59
2.2.3.2.4.5.	Proyecto de Instalaciones Mecánicas:	59
2.2.3.2.4.6.	Proyecto de Equipamiento	60
2.2.3.2.4.7.	Proyecto de Seguridad	60
2.2.3.2.4.8.	Labores Post-Estudio	60
2.3	Definición de términos.....	61

CAPITULO III: METODOLOGÍA	65
3.1 Tipo de Investigación.....	65
3.2 Elección de la Técnica	65
3.3 Determinación del Instrumento.....	65
3.4 Unidades de análisis.....	66
3.5 Diseño y elaboración del instrumento.....	66
3.6 Levantamiento de la información sobre problemática.....	66
CAPITULO V: ANÁLISIS.....	67
4.1 Análisis casuístico.....	67
4.1.1 Caso 001: Construcción y Equipamiento del Hospital Regional en la Provincia de Cañete, Meta II.....	67
4.1.1.1 Análisis de RFIs.....	68
4.1.1.2 Análisis del Plazo de Ejecución.....	70
4.1.1.3 Análisis del Presupuesto del Proyecto	71
4.1.2 Caso 002: Construcción del Hospital “San Martín de Porres de Macusani”	72
4.1.2.1 Análisis de RFIs.....	73
4.1.2.2 Análisis del plazo de ejecución.....	74
4.1.3 Caso 003: Fortalecimiento del Capacidad Resolutiva de los Servicios de Salud del Hospital Regional de Ica.....	76
4.1.3.1 Análisis de RFIs.....	77
4.1.3.2 Análisis del Plazo de Ejecución.....	78
4.1.3.3 Análisis del Presupuesto del Proyecto	78
4.1.4 Caso 004: Reconstrucción de la infraestructura y Mejoramiento de la Capacidad Resolutiva de los Servicios de Salud del Hospital Santa Maria del Socorro-Ica.....	80
4.1.4.1 Análisis de RFIS	81

4.1.4.2	Análisis del Plazo de Ejecución	82
4.1.4.3	Análisis del Presupuesto del Proyecto	82
4.1.5	Caso 005: Fortalecimiento de la Atención de los Servicios de Emergencia y Servicios Especializados Nuevo Hospital de Emergencias Villa el Salvador	85
4.1.5.1	Análisis de RFIs	87
4.1.5.2	Análisis del Plazo de Ejecución	88
4.1.5.3	Análisis del Presupuesto del Proyecto	89
4.2	Determinación de principales Problemas-Inconvenientes durante su desarrollo.	93
4.2.1	De los RFIs:	93
4.2.2	Del presupuesto:.....	94
4.2.3	Del plazo:	96
4.2.4	De las causas:	97
4.2.5	Conclusiones	98
4.3	Análisis y modelado del Hospital de San Miguel, Ayacucho, Perú	99
4.3.1	Antecedentes	100
4.3.2	Modelado de especialidades para mejorar la constructabilidad.....	109
4.3.2.1	Modelado geométrico de estructuras y arquitectura para compatibilización	109
CAPITULO V: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN		122
5.1	Plan de Implementación BIM para Hospitales de mediana complejidad	122
5.1.1	Escenarios posibles en la realidad local:.....	122
5.1.1.1	Escenario 01: Implementación BIM desde la Etapa de Diseño	122
5.1.1.2	Escenario 02: Implementación BIM Para Optimización de un proyecto existente	123
5.1.1.3	Escenario 03: Seguimiento de obra.....	123
5.1.2	Implementación de metodología BIM para proyectos hospitalarios	125

5.1.2.1. Objetivos de la Metodología BIM	125
5.1.2.2. Aspectos fundamentales de la Implementación BIM	126
5.1.2.3. Aspectos organizacionales para la Implementación	127
5.1.2.4 Participantes del Proyecto BIM	128
5.1.2.5. Flujo de trabajo BIM.....	131
5.2 Implementación durante la Etapa de Diseño	134
5.2.1 Definición de objetivos por Proyecto	134
5.2.2 Definición de los tipos de modelos	134
5.2.2.1. Modelo del entorno y topografía:	135
5.2.2.2. Modelado de anteproyecto de arquitectura:	135
5.2.2.3. Modelado de visualización:	135
5.2.2.4. Modelo de arquitectura:	136
5.2.2.5. Modelo de estructuras:	136
5.2.2.6. Modelo de análisis estructural:	136
5.2.2.7. Modelo de coordinación de Arquitectura con Estructuras.....	137
5.2.2.8. Modelado de MEP	137
5.2.2.8.1. Instalaciones Mecánicas.....	138
5.2.2.8.1.1 Sistemas de transporte automático:.....	138
5.2.2.8.2. Modelado de sistemas de fluidos	138
5.2.2.8.2. Modelado de instalaciones eléctricas.....	138
5.2.2.8.2. Modelado de instalaciones de comunicaciones	138
5.2.2.8.2. Modelado de instalaciones sanitarias.....	138
5.2.2.9. Modelado de coordinación de especialidades.....	139
5.2.2.10. Modelado de Fases.....	139
5.2.2.11. Modelado de metrados	139

5.2.2.12. Modelado de construcción	140
5.2.2.13. Modelado “AS BUILT”	140
5.2.2.14. Modelado de mantención de instalaciones	140
5.2.7 Modelado de Información para mejorar la Constructabilidad	145
5.2.7.1 Modelado Geométrico por especialidad para solución de interferencias	146
5.2.8 Presupuesto estimado de Equipo BIM para Modelado Geométrico por especialidad.....	160
5.3 Análisis Costo Beneficio para el Consultor	164
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	165
6.1 Conclusiones	165
6.2 Recomendaciones	166
Bibliografía	168

Índice de Tablas

Tabla 1. Incidencia porcentual de RFIs por especialidad en Hospital Cañete.....	69
Tabla 2. Adicionales de plazo en Hospital Cañete.	70
Tabla 3. Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Cañete.	70
Tabla 4. Incidencia de adicionales de presupuesto en Hospital Cañete.....	71
Tabla 5. Incidencia porcentual de RFIs por especialidad en Hospital Macusani	73
Tabla 6. Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Macusani.....	74
Tabla 7. Incidencia porcentual de RFIs por especialidad en Hospital Regional de Ica.	77
Tabla 8. Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Regional de Ica.	78
Tabla 9. Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Regional de Ica.	78
Tabla 10. Incidencia porcentual de RFIs por especialidad en Hospital Santa Maria del Socorro.....	81
Tabla 11. Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Santa María del Socorro.	82
Tabla 12. Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Santa María del Socorro.	83
Tabla 13. Incidencia porcentual de RFIs por especialidad en Hospital Villa el Salvador.....	87
Tabla 14. Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Villa el Salvador.	88
Tabla 15. Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Villa el Salvador.	89
Tabla 16. Cuadro de incremento del costo en proyectos hospitalarios desde la etapa del Perfil hasta la Etapa de Construcción.	95
Tabla 17. Presupuesto del Equipo Técnico utilizado para el Proyecto con metodología convencional (CAD).	107
Tabla 18. Incremento de costo de proyectos hospitalarios desde la etapa de perfil hasta la etapa de Expediente Técnico.	108
Tabla 19. Diferencias de metrados de aparatos sanitarios.	114
Tabla 20. Diferencias de metrados en Tuberías de Desagüe.	114
Tabla 21. Diferencias de metrados de aparatos sanitarios.	119
Tabla 22. Comparativo de costos de Proyecto Expediente Técnico tradicional Vs. Expediente Técnico usando BIM.....	121
Tabla 23. Cuadro de criterios de modelado para Muros.....	151
Tabla 24. Cuadro de criterios de modelado para Tabiques.....	152
Tabla 25. Cuadro de criterios de modelado para Revoques y Enlucidos.....	153
Tabla 26. Cuadro de criterios de modelado para Zócalos y Contrazócalos.....	154
Tabla 27. Cuadro de criterios de modelado para Falsos Cielos.....	155

Tabla 28. Cuadro de criterios de modelado para Pisos y Pavimentos.	156
Tabla 29. Cuadro de criterios de modelado para Carpintería Metálica.	157
Tabla 30. Presupuesto estimado de Diseño con Modelado BIM.	161
Tabla 31. Comparativo proyecto desarrollado en CAD y Proyecto Desarrollado en BIM. .	163
Tabla 32. Diferencia de costo del desarrollo de Estudio Definitivo sin BIM y con BIM. ...	164

Índice de Figuras

Figura 1. Reducción porcentual del costo final de construcción.	30
Figura 2. Porcentaje de Conclusión Acelerada del Proyecto debido a Compresión de Programación.....	31
Figura 3. Porcentaje de Reducción de RFI's.	33
Figura 4. Porcentaje de Reducción en el número d incidentes de seguridad reportables.	34
Figura 5. Porcentaje de mejora de la Productividad	35
Figura 6. Porcentaje de Reducción de trabajos in situ debido a la Prefabricación.	36
Figura 7. Principales métricas del BIM sobre los principales resultados de los proyectos	37
Figura 8. Diversidad de instalaciones un hospital general.....	50
Figura 9. Brecha Infraestructura 2016-2020	51
Figura 10. Brecha Infraestructura 2021-2025	51
Figura 11. Brecha Infraestructura 2016-2025	52
Figura 12. Antigüedad de hospitales públicos en el Perú.	53
Figura 13. Número de hospitales a nivel nacional.	54
Figura 14. Vista 3D de Hospital Regional de la Provincia de Cañete.	67
Figura 15. Datos Generales Proyecto Hospital Regional de la Provincia de Cañete.....	68
Figura 16. Incidencia porcentual de RFIs por especialidad en Hospital Cañete.	69
Figura 17. Plazo total de ejecución de obra Hospital Cañete.	70
Figura 18. Costo Final de Obra Hospital Cañete	71
Figura 19. Vista 3D de Hospital “San Martín de Porres” de Macusani.....	72
Figura 20. Datos generales Proyecto Hospital “San Martín de Porres” de Macusani	73
Figura 21. Incidencia RFIs Hospital Macusani.....	74
Figura 22. Plazo total de ejecución de obra Hospital Macusani	75
Figura 23. Vista 3D de Hospital Regional de Ica	76
Figura 24. Datos generales Proyecto de Hospital Regional de Ica	76
Figura 25. Incidencia RFIs Hospital Regional de Ica	77
Figura 26. Plazo total de ejecución de obra Hospital Regional de Ica.	78
Figura 27. Costo Final de Obra desglosado Hospital Regional de Ica	79
Figura 28. Vista Frontal Hospital Santa María del Socorro-Ica	80
Figura 29. Datos generales Proyecto de Hospital Santa María del Socorro-Ica.....	80
Figura 30. Incidencia RFIs Hospital Santa Maria.....	81
Figura 31. Plazo total de ejecución de obra Hospital Santa Maria	82

Figura 32. Costo Final de Obra Hospital Santa Maria.....	83
Figura 33. Costo Final de Obra desglosado Hospital Santa Maria.....	84
Figura 34. Vista 3D Proyecto de Hospital de Emergencias Villa el Salvador.....	85
Figura 35. Datos generales Proyecto de Hospital de Emergencias Villa el Salvador.....	86
Figura 36. Incidencia RFIs Hospital Villa el Salvador	87
Figura 37. Plazo total de ejecución de obra Hospital Villa el Salvador	88
Figura 38. Presupuesto Final de Obra Hospital Villa el Salvador	90
Figura 39. Costo Final de Obra desglosado Hospital Villa el Salvador	91
Figura 40. Comparativo Incidencia RFIs en Hospitales de estudio.....	93
Figura 41. Comparativo Costo Final de Obra Hospitales de estudio.....	94
Figura 42. Comparativo Plazo total de ejecución de obra.	96
Figura 43. Clasificación de causas de RFIs por Hospitales	97
Figura 44. Datos Hospital San Miguel – La Mar - Ayacucho	100
Figura 45. Cuadro de áreas de hospital.....	101
Figura 46. Presupuestos de Alternativas del PIP	102
Figura 47. Diagnóstico de constructabilidad en Proyecto de Hospital de San Miguel, Ayacucho	109
Figura 48. Modelado compuesto de Arquitectura y Estructuras.....	110
Figura 49. Arriba: Plano estructural inicial. Abajo: Plano modificado, con columnas adicionales cuya necesidad se evidenció a partir del modelado.	112
Figura 50. Ejemplo de omisión en redes de Desagüe del Expediente original.....	113
Figura 51. Arriba: Isometría de Redes de desagüe modeladas y optimizadas. Abajo: Detalle de tuberías de desagüe en Primera Planta.	115
Figura 52. Representación CAD según expediente	116
Figura 53. Confrontación de instalaciones de aire acondicionado y sanitario de desagüe ...	117
Figura 54. Vistas de Modelado de instalaciones de aire acondicionado.....	118
Figura 55. Vistas de Modelado de Gases Medicinales	120
Figura 56. Escenarios de Aplicación BIM en el Perú.....	124
Figura 57. Plan de implementación propuesto.....	124
Figura 58. Flujo de caja estimado de Proyecto Hospitalario típico.	125
Figura 59. Flujo de caja estimado de Proyecto Hospitalario con metodología BIM.	125
Figura 60. Flujo de caja estimado de Proyecto Hospitalario con metodología BIM.....	126
Figura 61. Esquema de flujos de información necesaria durante etapa de diseño de un hospital	131

Figura 62. Esquema de flujos de trabajo de diseño de un edificio hospitalario mediante metodología BIM (sin requerimiento por parte de la entidad).....	132
Figura 63. Esquema de flujos de trabajo de diseño de un edificio hospitalario mediante metodología BIM	133
Figura 64. Esquema de Orden Lógico de Modelado BIM de un Edificio Hospitalario.	159

Abreviaturas y siglas usadas

2D	2 Dimensiones
3D	3 Dimensiones
BIM	Building Information Modeling.
CAD	Computer-Aided Design
CII	Construction Industry Institute
CIRIA	Construction Industry Research & Information Association
etc.	Etcétera
EU	Estados Unidos
HVAC	Heating/Ventilating/Air Conditioning
ICE	Integrated Concurring Engineering
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil
LOD	Level of Development
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MEP	Mechanical, Electrical and Plumbing
MINSA	Ministerio de Salud
PIP	Proyecto de Inversión Pública
RFI	Request For Information
SNIP	Sistema Nacional de Inversión Pública
TDR	Términos de Referencia
VDC	Virtual Design and Construction

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes de la determinación del problema

Dada la importancia y complejidad de los edificios hospitalarios, en donde debido a las especialidades, equipamiento y condiciones especiales, es imperativo el contraste y coordinación en forma simultánea para reducir riesgos y mejorar la eficiencia en el producto final, se plantea una propuesta mejorar la Constructabilidad involucrando desde etapas tempranas a los profesionales de las distintas especialidades mediante el uso planificado de Metodología BIM.

A nivel teórico, la presente tesis aportará un diagnóstico sobre la aplicación de BIM en la construcción de Hospitales, y en función a estas experiencias se planteará una metodología de trabajo desde la concepción del Proyecto hasta el Cierre de Obra, basado en Metodología BIM con el objetivo de garantizar mejores rendimientos, ahorro y ganancias para quien ejecute la Obra Hospitalaria.

1.2 Preguntas de investigación

Problema general

¿Cómo la aplicación del BIM permite el mejoramiento de la planificación de proyectos de infraestructura hospitalaria para optimizar la Constructabilidad?

Problemas específicos

- ¿Cómo un análisis casuístico de hospitales a nivel nacional durante la etapa de construcción, permite conocer las causas de las problemáticas asociadas al incremento de plazos y costos de planificación de proyectos de infraestructura hospitalaria?
- ¿Cómo un análisis casuístico de hospitales a nivel internacional que han utilizado el BIM muestra la eficiencia de la planificación de proyectos de infraestructura hospitalaria?

- ¿Cómo un análisis comparativo entre un proyecto desarrollado de manera tradicional y uno con implementación BIM permite establecer un ahorro de costos en la planificación de proyectos de infraestructura hospitalaria y optimizar la constructabilidad?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general:

Mejorar la planificación durante la etapa Pre-Construcción en un proyecto de Infraestructura Hospitalaria aplicando la metodología BIM para optimizar la constructabilidad.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Hacer un análisis casuístico de hospitales a nivel nacional durante la etapa de construcción, para conocer las causas de las problemáticas asociadas al incremento de plazos y costos.
- Hacer un análisis casuístico de hospitales a nivel internacional que han utilizado BIM en los que se muestra la eficiencia de la planificación de proyectos de infraestructura hospitalaria.
- Hacer un análisis comparativo entre un proyecto desarrollado de manera tradicional y uno con implementación BIM para mostrar el ahorro de costos en la planificación de proyectos de infraestructura hospitalaria y optimizar la constructabilidad.

1.4 Justificación:

Poner de manifiesto la importancia del empleo de BIM en el desarrollo de proyectos hospitalarios. Durante el desarrollo del presente trabajo pretendemos demostrar que el trabajo colaborativo empleando BIM ayuda a reducir considerablemente el riesgo de pérdidas para el propietario, inversionista, constructor.

La importancia de poner en valor el empleo de BIM en proyectos hospitalarios en nuestra realidad, es porque la mayoría de proyectos (principalmente desarrollados por el estado) han sufrido retrasos considerables, y sobre todo incrementos notables en el presupuesto final de obra, debido entre otra a la deficiente información para la ejecución de obra.

Los proyectos hospitalarios son muy complejos en su concepción, desarrollo y construcción, buscar que el estado o los colegios profesionales, inversionistas particulares apuesten por el empleo de esta metodología de trabajo, contribuirá a obtener mejores resultados tal y como sucede en otros países con muchos casos de éxito.

1.5 Alcance del estudio:

El alcance del presente Trabajo de Investigación es Exploratorio, toda vez que, si bien se dispone de literatura al respecto de conceptos como BIM y Constructabilidad, no se tiene bibliografía que aborde su aplicación en proyectos hospitalarios, muy especialmente en nuestro medio, donde la aplicación de BIM es aún un campo en desarrollo.

Por tanto, se hace un análisis de casos de hospitales del sector público, haciendo énfasis en las causas que originan las problemáticas ligadas a incrementos de plazos y presupuestos, y en contraposición, se hace también un análisis de casos de hospitales donde el uso de BIM contribuyó a disminuir los impactos de estas causas, tales como inadecuada elaboración de los expedientes técnicos o mala gestión de la información, entre otros.

Si bien el Alcance del presente Trabajo de Investigación es Exploratorio, se tienen elementos Descriptivos, como es el desarrollo del Marco Teórico, que describe, compara y sintetiza distintos enfoques de las principales teorías tratadas.

Para concluir, se hace un análisis más extenso de un caso específico donde se hace un diagnóstico de Constructabilidad, identificando las oportunidades de mejora de ésta mediante

el uso de BIM, identificando además los principales componentes para la implementación de esta herramienta en un proyecto de estas características.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Aplicación de BIM (Building Information Modeling) en Proyectos

Hospitalarios

Debido a la gran complejidad y diversidad de instalaciones y especialidades que, conforman un Proyecto Hospitalario, es clara la necesidad de gestionar dicha información mediante una herramienta con las ventajas que ofrece el BIM, como la visualización 3D, que, aplicada desde la etapa de Diseño, y aún en la etapa de Construcción, ayuda a evitar interferencias y hacer una adecuada gestión de cambios en caso de darse dichas interferencias.

Es clara la importancia de estos establecimientos de salud, los cuales son esenciales para la sociedad y el público en general. El adecuado diseño conduce a una buena prestación de servicios de salud. Así que, el adecuado diseño puede ser crítico, y en condiciones adecuadas, puede optimizar el funcionamiento, y las actividades del personal técnico, de servicio y del público en general.

Una de las características esenciales para la gestión de la información en proyectos hospitalarios es la gran cantidad de involucrados en las etapas de diseño, construcción y administración del edificio.

Los edificios hospitalarios, en el sector público, son diseñados en función de un perfil de Inversión Pública, el cual sintetiza las necesidades y requerimientos que debe cumplir el nuevo proyecto en función de la demanda efectiva que atenderá el hospital en un periodo determinado de tiempo.

Todos los requerimientos de este perfil, elaborados por diversos actores como economistas, arquitectos, equipadores, especialistas médicos, entre otros, son los que establecen tanto los componentes, como el plazo y presupuesto de los proyectos hospitalarios.

Tanto la ejecución del expediente técnico, como la construcción son licitadas públicamente. Es a partir de esta etapa de diseño que la implementación de herramientas como el BIM pueden marcar la diferencia y optimizar el proyecto en las fases siguientes. Ya que es a partir de esta etapa cuando, una vez definido el anteproyecto, empieza la participación de los especialistas, cuya coordinación mediante el tradicional método del CAD (Computer-Assisted Design) resulta deficiente, traduciéndose en una inadecuada gestión de la información, y generación de RFI's (Request For Information) durante la construcción.

En este contexto, del desarrollo de proyectos con métodos tradicionales, según Khanzode et. al (2008), se tienen las siguientes deficiencias que afectan al proyecto y su resultado final:

- Dificultad para identificar conflictos debido a la representación bidimensional de los objetos diseñados.
- Demoras en el proceso de construcción debido a los conflictos identificados recién en obra.
- Falta de confiabilidad en la fabricación de objetos fuera de obra debido a que su magnitud real recién se aprecia en obra.
- Re-trabajo para solucionar los conflictos no identificados durante la etapa de diseño y coordinación.
- Se requiere mayor supervisión en campo para evitar conflictos entre contratistas y proveedores.
- Mayores cargas administrativas debido a generación de Requests for Information (RFI's) y Órdenes de Cambio debido a la identificación de conflictos en obra, después que los presupuestos han sido aprobados.
- Mentalidad de “instalar primero” de los subcontratistas, para evitar tener que mover sus instalaciones en caso de que se den conflictos posteriormente.

- Productividad global reducida para todos los involucrados en el proceso.

2.1.1.1 Dificultades de la implementación del BIM en proyectos hospitalarios

Por otro lado, la implementación de BIM en proyectos hospitalarios no está ajena a dificultades y retos, especialmente en un entorno como el nuestro, resistente al cambio.

Algunas de estas dificultades, de acuerdo a (Manning y Messner, 2008), a partir del análisis de la aplicación de los proyectos hospitalarios, son cuellos de botella en la transmisión de información, falta de contenido paramétrico para productos de proveedores, poca familiaridad de los participantes con la metodología BIM, o poca aptitud o experiencia para la aplicación de ésta, y una falta de entendimiento de las limitaciones y aptitudes de interoperabilidad

A estas dificultades, hemos de agregar la cultura organizacional propia de nuestra industria de la construcción, y su inercia, además del intensivo entrenamiento requerido y el costo de la transición de un software a otro, que gran cantidad de empresas del sector no puede o no se atreven a asumir.

De acuerdo a (Manning & Messner, 2008), algunas razones por las cuales es beneficioso aplicar metodologías BIM en proyectos hospitalarios, son:

- Se mejora la comunicación entre el equipo que desarrolla el proyecto.
- Las instalaciones y equipos eléctricos, mecánicos y sanitarios son complejos y requieren coordinación de sus geometrías. La coordinación digital es usualmente un requerimiento de estos proyectos.
- La información as-built obtenida al final del proceso puede ser importante para futuras intervenciones.
- La visualización 3D instantánea de espacios y sus alternativas pueden ser rápidamente evaluadas por el equipo técnico y otros colaboradores. Adicionalmente, se mejoran la información de soporte en el proceso de desarrollo del proyecto.

- Atributos paramétricos propios de los programas de soporte para BIM, permiten programación de actividades actualizable, la cual puede ser comparada en todo momento con los términos contractuales con un buen grado de exactitud.

- Se mejora la confianza en completar las metas estipuladas en la programación.
- Permite hacer simulaciones de iluminación, energía, calidad ambiental, entre otros.

Sin embargo, y pese a los obvios beneficios y la posibilidad de conseguir mejores resultados, ahorrando costo y tiempo de obra, no hay un esfuerzo evidente por el Estado para fomentar el uso del BIM en los proyectos hospitalarios del estado. Lo cual sí se da en países como Chile, que se encuentra en una etapa temprana pero consistente de normalización de uso de BIM para proyectos públicos tales como Hospitales, Aeropuertos y autopistas, como una política de estado. Específicamente, los proyectos hospitalarios están implementando BIM, aunque los resultados de dichos proyectos aún no satisfacen las expectativas en cuanto a los beneficios esperados. Sin embargo, al estar siendo cada vez más requerido en este tipo de proyectos, las dificultades pueden ser estudiadas para mejorar los resultados de la implementación BIM, determinando cómo afrontar los desafíos y mejorar sus beneficios.

2.1.1.2 Aplicación de BIM durante la instalación de sistemas MEP y HVAC en Hospitales

Como se ha mencionado antes, una de las principales dificultades inherentes a los edificios hospitalarios, es la complejidad y diversidad de especialidades que deben ser diseñadas e instaladas, y muchas veces los espacios destinados son muy estrechos, siendo necesaria una coordinación eficiente de personas y proyectos para una correcta ejecución. Una comunicación clara que permita anticiparse a los posibles conflictos y una integración participativa y transparente son factores donde los modelos BIM pueden llegar a ser muy útiles.

De acuerdo al artículo Building Design + Construction, las instalaciones eléctricas, sanitarias, y mecánicas, pueden representar hasta un 30 ó 40 % del costo de un hospital.

Una de las dificultades en la prefabricación de MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), es que usualmente los documentos de diseño no corresponden con lo que se encuentra in situ. Mediante el uso de escaneo tridimensional, y aplicando esa información a los modelados BIM (Building Information Modeling) de los sistemas de HVAC (Heating/Ventilating/Air Conditioning) y MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), los contratistas pueden lograr hasta un 99% de exactitud, con un personal menor y en menos tiempo.

El uso de BIM como medio de coordinación durante la etapa de Obra, mejora notablemente la instalación MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), HVAC (Heating/Ventilating/Air Conditioning) y demás sistemas especiales como aire comprimido, gases medicinales, Oxígeno, Vacío, entre otros. Mientras más complejidad se tenga en estos sistemas, es mayor el potencial de aprovechar esta metodología de trabajo.

Adicionalmente, el uso de tecnologías como el Trimble, basado en escaneo de puntos, aplicado durante la etapa de instalaciones, vinculado con el modelo BIM de las mismas, resultó ser un gran ahorro de tiempo para el prefabricado e instalación de componentes tales como perchas de inserción de tuberías, inserciones sísmicas y fundas, con un nivel de precisión de más o menos un octavo de pulgada, frente a un estándar industrial de un cuarto de pulgada. *"Tuvimos una reproducibilidad que nos permitió usar el 98-99% de los insertos y colgadores prefabricados, en comparación con el 85% en trabajos anteriores. La coordinación tridimensional permitió ese nivel de reproducibilidad"* (Reed, 2014).

Este nivel de precisión y ahorro de tiempo y recursos, fue posible gracias a la implementación de dicho sistema, cuya capacitación en el personal tomó un tiempo corto, y

dio grandes beneficios, con ahorros de hasta 50% de tiempo en las instalaciones, según refiere Reed.

Esta metodología de trabajo, que une modelado BIM con escaneo de puntos en obra. Produjo además otros beneficios durante el ensamblaje de tuberías, ductos, y demás elementos que conforman los sistemas de HVAC (Heating/Ventilating/Air Conditioning) y MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), ya que la representación digital precisa y actualizable a medida que avanzan los trabajos, permite la fabricación y armado de secciones enteras pre-montadas, pre-compiladas y prefabricadas de estos sistemas ensamblado fuera del lugar, y llevadas para su instalación en el momento preciso, lo que conlleva a tener un ambiente de trabajo más ordenado y libre de obstáculos, sin mencionar que estas secciones de instalaciones han superado el riesgo de interferencias entre sí mediante la aplicación de Clash Detection.

Como valor agregado, se puede mencionar además el aprendizaje logrado por el personal en cuanto a Logística, flujos de trabajo, y empaquetado de elementos en lotes de tamaño correcto, documentación y numeración de todas las partes y piezas del plano de planta, aproximándose a los ideales de la filosofía Lean Construction.

Algunas dificultades sobre este sistema de trabajo están asociadas a las limitaciones de software, tales como gran tamaño de los archivos, lo que implica lentitud durante los procesos y trabajo compartido en línea, así como contradicciones de proceso de montaje, los cuales se debe sobrellevar y superar a tiempo.

2.1.1.3 Beneficios del BIM durante la coordinación de Instalaciones Mecánicas, eléctricas y Sanitarias en edificios Hospitalarios (MEP)

El uso del BIM para la coordinación durante la etapa de diseño y construcción tiene beneficios específicos para los edificios hospitalarios, debido a su inherente complejidad en cuanto a instalaciones. Khanzode, Fischer y Reed (2008), estudiaron casos específicos de

Hospitales durante la etapa de coordinación de instalaciones mecánicas, eléctricas, sanitarias (MEP, Mechanical, Electrical and Plumbing), e instalaciones especiales, obteniendo como resultado el ahorro de tiempo, la creación de un proceso de entrega más seguro, detalles y coordinación más acertados, y ahorro monetario mediante órdenes de trabajo reducidas.

Además de esto, podemos nombrar como una ventaja la participación de especialistas desde etapas tempranas del proyecto, el intercambio de ideas y criterios para el desarrollo del proyecto, y la requisitoria a tiempo de información basándose en el avance del desarrollo del modelo.

Asimismo, la implementación del BIM permite una adecuada documentación de eventos durante las etapas de diseño y construcción, logrando una adecuada gestión de cambios, y documentando los motivos de cambio y sus consecuencias.

2.1.1.4 Beneficios para el Cliente

Tanto en el caso de proyectos bajo licitación pública, como en proyectos privados, los beneficios conseguidos con la implementación BIM en los proyectos hospitalarios apuntan al ahorro de tiempo y costo, y la consecución de un mejor producto.

Como mencionan Khanzode et al. (2008), en su análisis de un proyecto hospitalario en California, EU (Estados Unidos), los beneficios obtenidos para el cliente fueron los siguientes:

- Ahorro de tiempo. Durante la construcción, el equipo no tuvo que lidiar con actividades no contributorias tales como resolución de RFI's (Request For Information). De los 233 RFI's (Request For Information) obtenidos en el proyecto analizado, sólo 2 estuvieron relacionados a conflictos de interferencias en obra. Y estos dos casos estuvieron relacionado a un sistema que no fue modelado mediante BIM. Los autores comparan este resultado con proyecto similar, que no fue modelado mediante BIM, y que obtuvo entre 200 y 300 RFI's (Request For Information) referidos a conflictos de interferencia en obra.

- No se obtuvieron órdenes de cambio relacionados con conflictos de interferencia en este proyecto.
- Los administradores del Hospital, ya en operación, hacen uso del modelado as-built para la administración de las instalaciones, siendo más práctico y fácil de usar que los tradicionales planos en 2D.
- Este proyecto consiguió ahorrar hasta nueve millones de dólares del presupuesto y seis meses del plazo gracias a la implementación del BIM.

2.1.1.4.1 Beneficios para los Arquitectos e Ingenieros

En el mismo ejemplo antes citado, quedó demostrado que dichos profesionales invirtieron sustancialmente menos tiempo durante la etapa de construcción del proyecto en gestión de la construcción. No tuvieron que lidiar con RFI's (Request For Information) o con órdenes de cambio referidas a interferencias en obra

2.1.1.4.2 Beneficios para el contratista general

Los gerentes de obra tuvieron la oportunidad de pasar más tiempo planeando el trabajo en vez de dedicarse a hacer observaciones debidos a interferencias en obra. Los involucrados, al ser entrevistados, manifestaron que dedicaron entre diez y quince horas en total durante los ocho meses de la obra a la resolución de conflictos, mientras que, en proyectos convencionales le dedicaban a esa actividad entre dos y tres horas diarias.

Los contratistas generales pudieron mantener el sitio de obra seguro y eficiente durante las obras de instalaciones, gracias a que la mayor parte de sistemas fueron prefabricados fuera de obra, gracias al modelado previo mediante BIM, y conducidos luego al sitio, lo cual se tradujo en una obra más ordenada, limpia y segura, comparada con proyectos similares.

2.1.1.4.3 Beneficios para los subcontratistas de instalaciones

Los subcontratistas conocieron el proyecto desde etapas más tempranas ya que se les involucró desde antes, durante la etapa de diseño, y participaron en la resolución de consultas y detalles, que de otro modo se hubieran mantenido hasta la etapa de construcción. De este modo, se lograron resolver muchas de estas consultas durante la etapa de diseño del proyecto.

Todos los subcontratistas concluyeron su trabajo antes o justo a tiempo de lo estipulado, logrando un buen índice de productividad, el cual atribuyeron a la pre-fabricación fuera de obra y al ensamblaje de piezas en obra, lo que consumió menos tiempo de lo establecido en los cronogramas.

Todas las ducterías sanitarias y de media y baja presión fueron pre-fabricados. Los subcontratistas atribuyeron esto al uso de modelos 3D para la coordinación. En proyectos similares, tanto las tuberías sanitarias como el 50% de ductos, no hubieran podido ser prefabricados de este modo.

Los subcontratistas pudieron agilizar su trabajo en obra, gracias a la prefabricación y a que no tuvieron que lidiar con la interpretación de planos 2D en obra que se da de manera convencional.

Sin embargo, hay que puntualizar que todos estos beneficios pudieron ser logrados mediante una adecuada gestión de la organización, que tiene un modelo de trabajo especializado en la aplicación BIM, y en el cual incluso los subcontratistas tienen una participación activa en la etapa de proyecto y tienen un manejo de la metodología BIM, logrando además desarrollar adecuadas prácticas de Constructabilidad.

Todo lo cual es un escenario ideal para el tema que nos compete. Comparativamente, en nuestro entorno, tanto la implementación del BIM, como los modelos de las organizaciones, y los términos contractuales para los proyectos hospitalarios, no tienen este lenguaje común. Por lo general, los proyectos son desarrollaos por una empresa, y la construcción de la obra, por otra empresa, lo cual genera una brecha enorme para la

implementación del BIM, en el caso en que ambas no lo tengan implementado. Por otro lado, dada la cantidad de involucrados en el proceso, muy pocos o ninguno de éstos manejan esta metodología, lo cual entorpece el proceso. Si bien hay empresas grandes que tienen grandes áreas de desarrollo BIM de proyectos, tales como GyM, son casos aislados, en el común denominador de empresas, la implementación BIM está apenas por desarrollarse.

2.1.2 Casos estudiados

A fin de ejemplificar lo antes expuesto sobre las ventajas de la aplicación del BIM en proyectos hospitalarios, mencionamos algunos casos documentados, haciendo mención de las características de cada proyecto.

A. Caso de estudio BECA

La empresa Beca se encargó de los servicios de construcción y diseño estructural sísmico de la nueva instalación laboratorio de cateterismo en el Hospital de Tauranga. El edificio fue construido en 2011 y tenía varios niveles, esperando a ser equipados. Siendo importante para el Hospital de Tauranga ampliar la gama de servicios de cardiología.

La complejidad en las restricciones de diseño y tiempo

En el diseño de las instalaciones del Hospital de Tauranga se tuvieron que abordar una serie de retos. En primer lugar, los requisitos de diseño, la distribución de los nuevos ambientes y el análisis sísmico del edificio. Las paredes, los techos y los servicios tienen que ser arriostrados sísmicamente para evitar lesiones o la muerte, lo que reduce aún más el espacio disponible en la instalación. Hubo una serie de pequeñas habitaciones dentro de la instalación a tensar, añadiendo complejidad al diseño y construcción.

El tiempo fue otro de los obstáculos con los que lidiar. El proyecto tiene una estricta línea de tiempo de ocho meses, con lo que no había espacio para el error de trabajar con información potencialmente incompleta o inexacta. Por lo tanto, la coordinación fue fundamental no sólo entre el diseño propuesto, sino también dentro del entorno existente.

Una mayor precisión y una estrecha colaboración

Beca decidió utilizar un escaneo láser de nube de puntos para capturar el entorno existente, la estructura y los servicios que ya estaban ocupando el espacio concreto. Esto generó una comprensión exacta de la estructura y de los parámetros con los que el equipo de diseño tuvo que trabajar. Con la utilidad de esta herramienta se tuvo la certeza de que la información capturada era exacta y actualizada.

Se importaron la nube de puntos a Revit para implementar el proceso de diseño desde el principio del proyecto y garantizar modelos 3D precisos a las condiciones existentes. Las propuestas fueron diseñadas y documentadas por los servicios del edificio y los equipos de diseño de la estructura.

El uso de herramientas BIM permitió la detección de interferencias, no solo en los nuevos diseños, sino también en los modelos existentes para proporcionar una comparación exacta.

Se usó la herramienta BIM 360 Glue para permitir que todos los equipos de diseño se puedan comunicar y publicar rápidamente iteraciones de diseño a través de la nube. Esto fue muy beneficioso ya que no todos los equipos estaban en el mismo lugar al mismo tiempo, lo que aportó una mejor visualización al proyecto.

Esto también permitió que Beca sea capaz de interactuar más fácilmente con todos los actores involucrados, lo que facilitó validar el proyecto, permitiendo progresar rápidamente con los diseños. BIM 360 está siendo utilizado para capturar datos durante la etapa de construcción. Esto permitirá incorporarse una solución de gestión de activos existentes en el hospital.

La reducción de los plazos

Mediante la implementación de herramientas de Autodesk, Beca ha permitido una reducción significativa en el tiempo necesario para capturar, crear y distribuir información.

Brett Naylor, director técnico BIM y jefe de proyecto de Beca, comenta: “En el pasado, nuestros clientes han tenido a menudo que esperar entre 6 y 18 meses para capturar toda la información de infraestructuras con estas particularidades y volver a capturar toda la información que ya ha sido creado a través del proceso de diseño y construcción. Al trabajar con Autodesk, hemos sido capaces de capturar estos datos críticos desde el primer día, lo que garantiza que el cliente puede mantener y operar la instalación de manera efectiva”.

B. Barts y The Royal London Hospital

El Royal London Hospital	746 camas, 4.800 funcionarios
El Hospital de San Bartolomé	290 camas, 2.200 funcionarios

La utilización de modelos coordinados 3D en estos proyectos permitió obtener rápidamente y con precisión cantidades y listas de materiales. El éxito ha sido el uso de cantidades para el equipo ambiental, datos que han utilizado para establecer y cumplir un ambicioso objetivo de reducción de residuos del 10% para los subcontratistas.

Los equipos de diseño, construcción y mantenimiento se reunieron semanalmente para evaluar a través del modelo si hay un acceso seguro, facilidad de uso y facilidad de mantenimiento. Se tomaron decisiones tempranas respecto a las exigencias propias del proyecto en reuniones semanales de evaluación del Modelo.

La capacidad de modificar objetos en el mundo virtual y comprobar si hay interferencias se ha utilizado para confirmar las estrategias de instalación y desinstalación de todas las grandes piezas de maquinaria y equipo médico. Por ejemplo, el aumento del tamaño de tres puertas y la reducción de la profundidad en la etapa de diseño ha ahorrado USD 187.000. La comprobación a través del modelo 3D ha sido particularmente importante para la verificación de las instalaciones de equipos médicos.

El equipo fue capaz de cambiar el tamaño de las puertas y los anchos de pasillo para asegurar la instalación de los equipos sin necesidad de demoler habitaciones terminadas.

Así, en lo que se refiere al Proyecto de Barts y Londres, el modelo 3-D comenzó como un método para asegurar la coordinación espacial, pero resultó ser una herramienta para mejorar la calidad, reducir los costes y los residuos, ahorrar tiempo, mejorar la salud y la seguridad del usuario final.

Finalmente, el modelo combinado 3D fue usado en la etapa de construcción con el uso de tablets y se convirtió en el centro del sistema de BIM proporcionando un mapa de ruta a otras bases de datos y fuentes de datos almacenados en las tablets. El sistema fue utilizado para monitorear el progreso, el cumplimiento y la finalización de la entrega de alrededor de 5.000 habitaciones, proporcionar acceso a los últimos dibujos y hojas de datos de habitación a través de un enlace con el sistema de gestión de documentos y el registro de los cambios en el modelo.

C. Good Samaritan Hospital

Estacionamiento: 4 pisos, 380 estacionamientos.

Torre de atención al paciente: 9 pisos, 34 000m², 160 camas de hospitalización, 40 camas ED.

La implementación de Modelado Revit en lugar de documentos en 2D tradicionales permitió al propietario entender mejor el diseño antes de su construcción.

En el Hospital Buen Samaritano los arquitectos e ingenieros realizaron actualizaciones semanales de diseño a una central de archivos de acceso a todos los miembros del proyecto, permitiendo que tengan acceso a la información más actualizada.

En el Hospital Buen Samaritano se reconoció que el modelado que presentaban los diseñadores y el que requerían contratistas eran diferentes. Por lo tanto, Skanska incorpora un enfoque integrado para el diseño. Skanska y los subcontratistas mecánicos y eléctricos comenzaron sus propios esfuerzos de modelado 3-D muy temprano en el proceso.

Al mismo tiempo Skanska mantiene un registro exacto de cada página de cada documento del contrato lo largo de su vida útil y alertó al equipo de diseño si una nueva porción del diseño del modelo fue impactar cualquier cosa que ya se contrajo en un comunicado de documento anterior. Además, Skanska mantiene el propio modelo estructural Revit que incorpora las últimas RFIs (Request For Information) estructurales (solicitud de información) y se usó para los dibujos de auto-realizado de elevación de hormigón y barras de refuerzo que detallan, así como fondos estructurales para la coordinación de instalaciones mecánicas, eléctricas y de plomería (MEP, Mechanical, Electrical and Plumbing).

En el Hospital Buen Samaritano, Skanska reconoció que el modelado de las necesidades de los diseñadores y la de los contratistas eran diferentes. Por lo tanto, incorporó un enfoque integrado para el diseño integrando sus propios modelos 3D desde etapas tempranas del proceso.

El uso de software Navisworks permitió la comparación del modelo arquitectónico actual con el modelo estructural y de los modelos actualizados del subcontratista MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing). La detección de interferencias en las diferentes especialidades desde el principio del redujo en gran medida las correcciones y los retrasos en la etapa de construcción. Además permitió la pre-fabricación de grandes secciones de sistemas que históricamente habría llevado mucho más tiempo en campo.

Gracias al uso de ordenadores portátiles se pudo usar los modelos 3D para facilitar la comunicación oportuna y precisa de los problemas de control de calidad y el trabajo a completar entre todos los miembros del equipo, incluyendo los subcontratistas. Teniendo acceso a la información, el equipo de trabajo mantiene completas las listas de controles de calidad porque utilizan la misma información que estaba disponible en el modelo.

D. New Karolinska Solna

Área : 320000m²

Pisos : 16; 700 camas

Quirófanos : 36

El Proyecto NKS fue el primer proyecto de Skanska en Suecia en tener requisitos BIM en el contrato. Esto significa que Skanska se ha contratado para trabajar en BIM y para entregar un modelo BIM orientado a objetos con información que está vinculada al modelo a través de bases de datos relacionadas. Este modelo BIM proporcionará al cliente toda la información necesaria para los servicios de FM y la reconstrucción a futuro.

“No sólo utilizaremos BIM para hacer cálculos de producción y la cantidad de despegues, sino también cuando marcamos físicamente Teledata en el proyecto. Vamos a dejar que los diseñadores utilicen un software especialmente diseñado que nos permitirá ahorrar cerca 1.000 horas de re trabajo. Todo gracias a BIM “. Andreas Udd, Gerente de Proyecto, Instalación Skanska

E. Benjamin Russell Hospital

BIM y Autodesk Building Design Suite han hecho una contribución muy real. Utilizando herramientas BIM permite ayudar a coordinar el proyecto, reducir los residuos, y colaborar con el equipo de diseño.

Resumen del proyecto

La nueva expansión de 785,000 pies cuadrados del campus del Hospital para Niños Benjamin Russell tipifica esta complejidad. La instalación, con 12 pisos de pacientes más equipos de pisos y helipuerto en la azotea, contendrá tecnología médica de vanguardia.

El reto

El objetivo final de esta participación temprana fue una ejecución más fluida de la construcción en el campo. Igual de importante, el hospital quería asegurarse de que el proyecto se cumpliera a tiempo y dentro del presupuesto.

La solución

"El exterior de las curvas del edificio, al igual que la mayoría de los pasillos interiores, lo que hace por encima del techo se ejecuta más complejo para los sistemas de construcción", dice Hite. "Soffits enmarcado todo el camino a la cubierta de arriba habría tomado un poco del espacio disponible. Utilizando el modelo para ayudar a crear una RFI (Request For Information), se sugirieron soffits en caja como una alternativa en Revit Architecture. Los arquitectos e ingenieros visualizaron fácilmente nuestro enfoque utilizando el modelo, y aceptaron la sugerencia. Teníamos más espacio para los sistemas, y los soffits encajonados utilizaron menos material, así que hubo un pequeño ahorro de costos, también."

La coordinación como un equipo

Antes de comenzar la construcción, Hoar Construction invitó a los subcontratistas del proyecto a participar en el proceso BIM. Durante la construcción, la firma estableció una sala para que los diseñadores de los subcontratistas se unieran y trabajaran simultáneamente en los modelos de sus partes del proyecto. Trabajando en un servidor compartido, el equipo utilizó varias aplicaciones de Autodesk® Building Design Suite Ultimate lado a lado para ayudar a coordinar sus sistemas.

Las herramientas de detección de conflictos en Navisworks Manage nos ayudaron a resolver las interferencias. En un gran proyecto de salud, se podría esperar que un subcontratista de plomería podría generar como 10 por ciento de residuos de material. El subcontratista de plomería generó sólo un 1 por ciento de desperdicio de material en este proyecto".

Fachada prefabricada

La fachada curvada de la expansión del hospital está revestida de todos los lados en un muro cortina de vidrio con un complejo patrón de varias transparencias, paneles de colores e iluminación de acento. Para acelerar la instalación, Hoar Construction trabajó con el subcontratista de muros cortina, para prefabricar la fachada en un almacén cercano,

generando secciones de dos pisos que llegaron a obra pre-ensambladas y se instalaron en minutos.

Trabajar desde el modelo Revit ayudó a permitir una mayor precisión en el proceso de prefabricación, y el equipo se sorprendió por lo perfectamente que se ensambló el muro cortina.

Todo el muro cortina se colocó en unas seis semanas, que es increíblemente rápido. BIM hace que sea mucho más fácil de obtener el valor de la prefabricación “.

El resultado

"BIM y Autodesk Building Design Suite han hecho una contribución muy real en el proyecto", dice el director de BIM de Hoar Construction, Aaron Wright.

"Autodesk Building Design Suite proporcionó un fácil acceso a las herramientas BIM que utilizamos para ayudar a coordinar el proyecto, reducir el desperdicio y colaborar con el equipo de diseño. El retorno de la inversión es evidente en las ganancias obtenidas en el cronograma y en el hecho de que se cumplió el presupuesto objetivo del proyecto. Basado en el éxito de BIM en este proyecto, no emprenderemos ningún edificio sin antes modelar nuestro trabajo".

Harchelroad añade: "Además, el modelo BIM sobrevivirá al proyecto de construcción y seguirá funcionando como una herramienta de gestión de instalaciones. No sólo se puede utilizar como un documento más preciso y detallado como se construye, sino que también todas las operaciones y los documentos de mantenimiento se han incorporado en el proyecto. El modelo servirá como una especie de manual del propietario de la nueva instalación”.

F. Conclusiones sobre los casos analizados:

- Los casos analizados refieren la importancia de ahorro de tiempo logrado mediante el uso de BIM al disminuir el impacto de información potencialmente incompleta o inexacta.

Por lo tanto, la mejora en coordinación que aporta el uso de Metodologías BIM es fundamental en las etapas de Diseño y Construcción.

- Los casos analizados indican que el uso de Metodología BIM permite la detección de interferencias, no solo en los nuevos diseños, sino también en los modelos existentes para proporcionar una comparación exacta entre lo proyectado y lo construido.
- Las experiencias descritas indican que la utilización de modelos coordinados en 3D en estos proyectos permitió obtener rápidamente y con mayor precisión cantidades y listas de materiales para una mejor gestión logística.
- La capacidad de modificar objetos en el mundo virtual y comprobar si hay interferencias en los casos analizados refiere una mejora en las instalaciones, desde su planificación hasta la fabricación e instalación en obra.
- La implementación de Modelado en lugar de documentos 2D tradicionales permite, no solo a los profesionales sino también al propietario entender mejor el diseño antes de su construcción.
- Se observa que los propios modelos 3D usados incorporaron las RFIs (Request For Information) (solicitudes de información) lo que permitió efectuar permanentes actualizaciones en “tiempo real” del proceso de obra.
- Los casos analizados usaron la Metodología BIM para hacer planificaciones de etapas y frentes de trabajo en Obra, así como cálculos de producción, logrando mejorar la eficiencia y productividad en Obra.
- Los casos analizados hacen énfasis en que el modelo BIM producido sobrevivirá al proyecto de construcción y seguirá funcionando como una herramienta de gestión de instalaciones. No sólo se puede utilizar como un documento más preciso y detallado de obra, sino que también todas las operaciones y los documentos de mantenimiento se pueden

incorporar. El modelo servirá como una especie de manual del propietario de la nueva instalación.

- El uso de herramientas complementarias como BIM 360 Glue permite que todos los equipos de diseño se puedan comunicar y publicar rápidamente iteraciones de diseño a través de Internet. Esto es muy beneficioso ya que no todos los equipos estaban en el mismo lugar al mismo tiempo, teniendo como consecuencia una mejor visualización al proyecto.
- El uso del BIM para la coordinación durante la etapa de diseño y construcción tiene beneficios específicos para los edificios hospitalarios, debido a su inherente complejidad en cuanto a instalaciones mecánicas, eléctricas, sanitarias (MEP, Mechanical, Electrical and Plumbing), HVAC (Heating/Ventilating/Air Conditioning), e instalaciones especiales, obteniendo como resultado el ahorro de tiempo, la creación de un proceso de entrega más seguro, detalles y coordinación más acertados, y ahorro monetario mediante órdenes de trabajo reducidas.
- El uso de BIM como medio de coordinación durante la etapa de Obra en Hospitales, mejora notablemente la instalación de MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), HVAC (Heating/Ventilating/Air Conditioning), y demás sistemas especiales como aire comprimido, gases medicinales, Oxígeno, Vacío, entre otros. Mientras más complejidad se tenga en estos sistemas, es mayor el potencial de aprovechar esta metodología de trabajo, aunque también se hace más compleja la gestión de dicha información durante la Obra.
- La representación de Equipamiento Hospitalario en el modelado 3D permite una adecuada visualización. Si bien no forma parte de la Construcción, puede ser determinante en el replanteo de ambientes de atención médica críticos. Por lo cual es un tópico importante a tomar en cuenta.

2.2. Teorías o modelos acerca del tema a tratar

2.2.1 Building Information Modeling (BIM)

2.2.1.1 Definición

BIM es el acrónimo de Building Information Modeling, un concepto complejo que no tiene una definición universalmente aceptada o consensuada, sino que ésta varía de acuerdo al tipo de usuario y la magnitud y alcances del trabajo a desarrollar.

Para algunos, el BIM es software aplicado al diseño y construcción; mientras que para otros, es un proceso de diseño y documentación de información para la construcción que requiere implementación de nuevas políticas, contratos, y relaciones entre los involucrados del proyecto.

Dado que este proceso se basa en el modelado de información para la construcción, dicha información puede variar desde modelo geométrico, hasta información detallada de costos, programación de obra, e incluso datos referidos a la eficiencia energética de las instalaciones. Es esta complejidad y aparente holística, lo que impide dar una definición universal del BIM.

La teoría básica del BIM fue descrita por Thompson y Miner (2007), para quienes, si toda información relevante de un proyecto estuviera almacenada en un único sistema interconectado en línea, el proyecto podría ser ejecutado en un entorno virtual primero. Cuando las dimensiones del tiempo (Cronogramas) y costos sean agregados al modelo, esto permitiría el análisis de costo beneficio de distintas opciones casi simultáneamente. (Thompson and Miner 2007).

Al desarrollar dichos modelos para el proyecto entero, más involucrados, lo que es práctico hoy, podrían ser incluidos en fases tempranas de un proyecto. Estos involucrados podrían añadir su negocio y conocimientos de ingeniería en el diseño de la edificación, su

cronograma y organización; mejorando de esta forma la coordinación en todas las fases del proyecto. (Fischer and Kunz, 2006).

Estas acepciones aproximaban en su momento a una aplicación ideal del modelado virtual de la información para la construcción. Más recientemente, Eloi Coloma Picó (2008), define el BIM como el 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. Esta información puede ser de tipo formal, pero también puede referirse a aspectos como los materiales empleados y sus cualidades físicas, los usos de cada espacio, la eficiencia energética de los cerramientos, etc.

Para Building SMART (2014), asociación privada cuyo fin es fomentar la eficacia en el sector de la construcción, el BIM es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información de un proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costos (5D), ambiental (6D), y de mantenimiento (7D). El uso del BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costes de operación.

Esta última definición engloba todos los ámbitos de aplicación que pueden darse con la implementación del BIM, a lo largo de todo el ciclo de vida del Proyecto, incluso durante su ciclo de operación y mantenimiento, de forma similar, la National Institution of Building Sciences (NIBS 2015), define el BIM como la representación digital de las características físicas y funcionales de una infraestructura. Posee información total del edificio, es capaz de

brindar los conocimientos sobre las instalaciones y con ello forma una base fiable para las tomas de decisiones durante su ciclo de vida.

Ahora bien, Autodesk, una de las compañías propulsoras del desarrollo y aplicación del BIM, concluye que “El Modelado de Información para la Edificación es un método innovador para facilitar la comunicación entre los sectores de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. Con BIM, arquitectos e ingenieros generan e intercambian información de manera eficiente, crean representaciones digitales de todas las fases del proceso de construcción y simulan el rendimiento en la vida real, lo que perfecciona el flujo de trabajo, aumenta la productividad, y mejora la calidad...”

Habiendo mencionado distintos enfoques, ambos coinciden en que el BIM implica tanto la creación de un producto, llámese el modelado virtual de la edificación, así como el Proceso colaborativo que se tiene que dar para tal fin. Al respecto, el BIM se puede categorizar en diferentes partes, que contienen necesariamente (NBIMS 2007):

Producto:

Una representación inteligente de la edificación. Se refiere a un repositorio de información que será usada por el propietario u operadores y que será mantenido a lo largo de los ciclos de vida del proyecto.

▪ **Proceso Colaborativo:**

Que cubre los estándares del negocio, capacidades de proceso automatizadas e interoperabilidad para el uso sostenible de la información.

2.2.1.2 Aplicaciones

Entre las distintas aplicaciones del BIM, podemos encontrar:

- **Coordinación 3D:** La colaboración del equipo de construcción con el arquitecto, ingenieros y el propietario de preferencia deberían iniciarse en etapas tempranas de la

fase de diseño. En esa etapa, el Modelado con BIM debiera ser implementado de inmediato (Young et. al. 2009).

- **Planeación de la Construcción y Monitoreo:** El planeamiento de la construcción implica la programación y secuenciación del modelado a la construcción virtual coordinada en el tiempo y el espacio. La utilización de cronogramas introduce el tiempo como la cuarta dimensión (Kenley et Sepannen, 2010).
- **Visualización:** El BIM se constituye como una gran herramienta de visualización. Provee una representación virtual tridimensional de la edificación. Dicha visualización facilita un mejor entendimiento de cómo se vería el producto final. (Khemlani, 2011).
- **Revisión de Códigos:** Departamentos de bomberos y otros oficiales podrían usar los modelados para la revisión de proyectos de edificación. (Azhar, 2011).
- **Estimación de Costos:** Los softwares de apoyo del BIM han ido implementando herramientas de estimación de costos. Cuantificaciones de materiales son extraídos automáticamente y modificados en cuanto algún cambio es realizado en el modelo. (Hergunsel, 2011).
- **Prefabricación:** Es posible generar diversas fabricaciones para diversos sistemas de edificación, por ejemplo, las ducterías metálicas pueden ser fácilmente producidas una vez el modelo está completo. (LeBlanc, 2010).
- **Integración de la Información entre proveedores y contratistas:** Para una revisión adecuada de coordinación y análisis detallados de los sistemas, la información, incluyendo las especificaciones de los productos, detalles constructivos y procedimientos de instalación, pueden ser compartidos entre proveedores y contratistas. Ahorrando tiempo y costos a partir de esta integración temprana, es muy significativo.

- **Detección de conflictos:** Debido a que los modelos BIM son creados a escala, en un entorno tridimensional, todos los sistemas mayores pueden ser verificados en busca de interferencias. Este proceso puede verificar que ductos no se intersecan con vigas de acero, ductos o muros. Etc. (Azhar, 2011).
- **Grabación del Modelo:** Los constructores pueden proveer una copia del Modelado del edificio al propietario al final del proyecto. Bases de data centralizadas pueden ayudar a los departamentos de instalaciones a encontrar la información más fácilmente. El modelado puede ser usado para la administración e información de seguridad, tales como iluminación de emergencia, alimentación de energía en caso de emergencias, evacuación, extintores de fuego, alarmas en caso de incendios, detectores de humo, y sistemas de rociadores. (Liu, Zijia, (2011)
- **Planeamiento de la Obra:** Se puede planificar la Obra, teniendo en cuenta rutas de acceso para camiones de abastecimiento, grúas, plumas, excavadoras, concreteras, etc. Todo ello se puede incorporar en el modelo como parte del Plan Logístico y diseño del Layout de Obra.
- **Planeación de Implementación:** Después de una coordinación completa del proyecto, la información contenida en el BIM se puede aplicar para determinar la localización de materiales y sistemas en el sitio.

Estas características y posibilidades de aplicación del BIM (Building Information Modeling) se dan en distintas proporciones dependiendo de la magnitud del Proyecto, del grado de implementación dentro de la empresa, y el grado de detalle de modelado que se requiera alcanzar según el proyecto.

2.2.1.3 Métricas para el Impacto del BIM en Proyectos Complejos

El presente acápite explica seis beneficios asociados a la aplicación del BIM (Building Information Modeling) en proyectos complejos, lo cual está respaldado por una

encuesta realizada a 391 propietarios, arquitectos, ingenieros y contratistas del sector constructivo de los Estados Unidos de América, cuya característica común es el uso del BIM (Building Information Modeling) en sus organizaciones, y lo habían aplicado en proyectos complejos tales como Hospitales, centros de data, proyectos de entretenimiento, edificios industriales o manufactureros, laboratorios y edificios de transporte.

Los participantes en dicha encuesta fueron escogidos en base a su nivel de expertise en el uso de BIM (Building Information Modeling) y en su experiencia significativa en proyectos complejos. Entre éstas compañías, se encuentran:

- Digby Christian, Senior Program Manager, Sutter FPS.
- Stuart Eckblad, Director, Mission Bay Hospitals Project, University of California San Francisco (UCSF).
- Ryan Marzullo, Director of New York Design and Construction, Delta Airlines.
- Joe Porostosky, Senior Manager, Facilities Information and Technology Services, Ohio State University.
- Andy Reinach, Vice President of Development and Construction, Alexandria Real Estate Equities, Inc.
- Meghan Ruffo, AIA, LEED AP, Contract BIM Management Group, Project and Construction, Carolinas Healthcare System.
- Denton Wilson, Vice President of Design and Construction, Methodist Health System.

Los beneficios analizados de acuerdo a la encuesta, son los siguientes:

a) Reducción del costo final de Construcción.

Mientras más de la mitad de los involucrados en el proceso atribuyen a BIM (Building Information Modeling) el aporte para lograr reducción de costos en proyectos complejos, existen diferencias entre cada uno de los actores encuestados, contratistas 64%, propietarios 45% y diseñadores 37%.

El resultado más alentador proviene de los Contratistas, debido a que ellos están más involucrados en el proceso y permanentemente buscan tener control y reducción de costos, obteniendo beneficios económicos, y en consecuencia haciendo más rentable el proyecto desde su punto de vista.

En el equipo de diseño, son los ingenieros- constructores más que los arquitectos quienes perciben que la reducción de costos es mayor al 10%, porcentaje alto considerando la magnitud en costos de este tipo de proyectos.

Reducción Porcentual del Costo Final de Construcción

(De acuerdo a propietarios, diseñadores y contratistas)

Dodge Data & Analytics, 2015

- BIM tiene un Medio o Alto impacto en el coste final y se sabe el porcentaje del impacto.
- BIM tiene un Medio o Alto impacto en el coste final pero no es seguro el porcentaje del impacto.
- Bajo/Inexistente/No se conoce el impacto del BIM en el coste final.

Propietarios



Arquitectos e Ingenieros



Contratistas

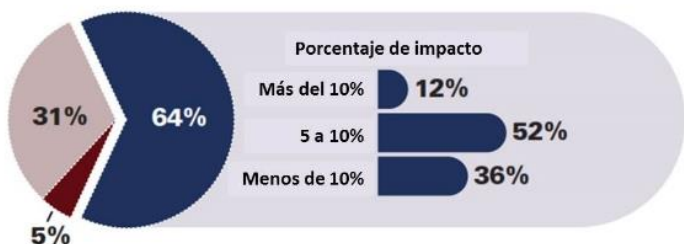


Figura 1. Reducción Porcentual del Costo Final de Construcción. Fuente: DODGE Data & Analytics. Survey on BIM Impact on Design (According to Owners, Architects, and Engineers)

b) Conclusión anticipada del proyecto

Tanto los propietarios como los contratistas son quienes más importancia y valor reconocen en el aporte de BIM (Building Information Modeling) para poder ejecutar la obra en los tiempos establecidos o lo que es mejor, reducir los tiempos establecidos. Está claro que la reducción de tiempos está ligado estrechamente a reducción de costos y a una pronta en marcha del proyecto.

Porcentaje de Conclusión Acelerada del Proyecto debido a Compresión de Programación

(De acuerdo a propietarios, diseñadores y contratistas)

Dodge Data & Analytics, 2015

- BIM tiene un Medio o Alto impacto en el coste final y se sabe el porcentaje del impacto.
- BIM tiene un Medio o Alto impacto en el coste final pero no es seguro el porcentaje del impacto.
- Bajo/Inexistente/No se conoce el impacto del BIM

Propietarios



Arquitectos e Ingenieros



Contratistas



Figura 2. Porcentaje de Conclusión Acelerada del Proyecto Debido a Compresión de Programación. Fuente: DODGE Data & Analytics. Survey on BIM Impact on Design (According to Owners, Architects, and Engineers)

c) Reducción de RFI's

Debido a que los propietarios no están directamente involucrados en el proceso de construcción, el presente resultado se basa en información proveída por el equipo de diseño y los contratistas.

Gracias al uso de modelos 3D y las aplicaciones para detección de interferencias en la etapa de diseño previa a la ejecución, se reduce considerablemente la posibilidad de errores, omisiones o incompatibilidades en la etapa de construcción. Aun así, al contar con esta herramienta y dentro de una estructura de trabajo debidamente planificada, cualquier irregularidad, aclaración, detalles puede y debe resolverse con cierta anticipación y/o en tiempos reducidos. Siendo la respuesta al RFI (Request For Information), una solución debidamente compatibilizada entre todas las especialidades y con indicaciones precisas para ejecutarse en campo. Eso refleja el alto porcentaje de aceptación y aprobación de los involucrados. En caso de hospitales, esto toma mayor relevancia en las instalaciones especiales que caracterizan este tipo de proyectos.

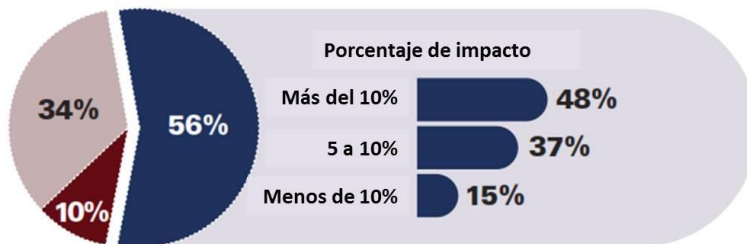
Porcentaje de Reducción de RFI's

(De acuerdo a diseñadores y contratistas)

Dodge Data & Analytics, 2015

- BIM tiene un Medio o Alto impacto en el coste final y se sabe el porcentaje del impacto.
- BIM tiene un Medio o Alto impacto en el coste final pero no es seguro el porcentaje del impacto.
- Bajo/Inexistente/No se conoce el impacto del BIM en el coste final.

Arquitectos e Ingenieros



Contratistas

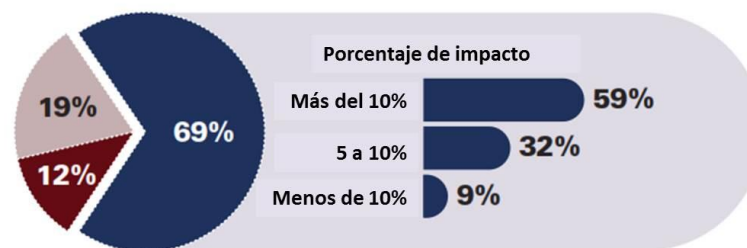


Figura 3. Porcentaje de Reducción de RFI's. Fuente: DODGE Data & Analytics. Survey on BIM Impact in Design (According to Owners, Architects, and Engineers)

d) Reducción de Reportes sobre incidentes de seguridad

Tan importante como es la reducción de costos, acortar los tiempos, o mejorar la calidad; lo es también la seguridad en obra.

Existen actualmente estándares y normas que indican cómo se deben desarrollar ciertas actividades, mediante procedimientos que no pongan en riesgo la integridad del trabajador y en consecuencia traer problemas al desarrollo de la obra. Es posible pues, emplear BIM (Building Information Modeling) para contribuir a la seguridad en la ejecución de la obra.

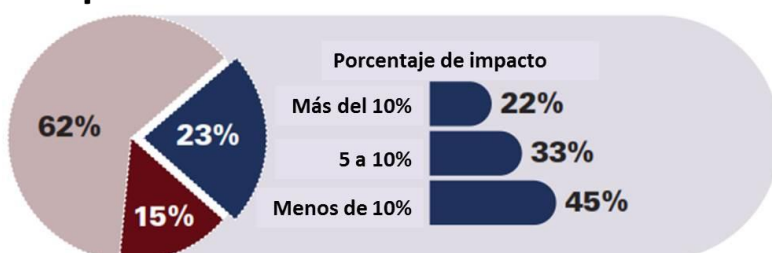
Porcentaje de Reducción en el número de incidentes de seguridad reportables

(De acuerdo a propietarios, y contratistas)

Dodge Data & Analytics, 2015

- BIM tiene un Medio o Alto impacto en el coste final y se sabe el porcentaje del impacto.
- BIM tiene un Medio o Alto impacto en el coste final pero no es seguro el porcentaje del impacto.
- Bajo/Inexistente/No se conoce el impacto del BIM en el coste final.

Propietarios



Contratistas

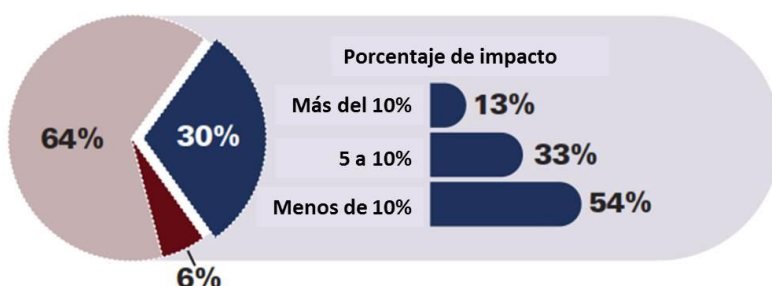


Figura 4. Porcentaje de Reducción en el Número de Incidentes de Seguridad Reportables. Fuente: DODGE Data & Analytics. Survey on BIM Impact on Design (According to Owners, Architects, and Engineers)

e) Mejora de la Productividad

Debido a que la construcción es un rubro, en donde la presión para obtener resultados va incrementándose y la competencia cada vez es mayor, la mejora en la Productividad es el objetivo de las empresas. BIM (Building Information Modeling) contribuye a mejorar este aspecto en todo el proceso del proyecto, su puesta en práctica cada día tomara más importancia, debido a resultados positivos que se han venido registrando.

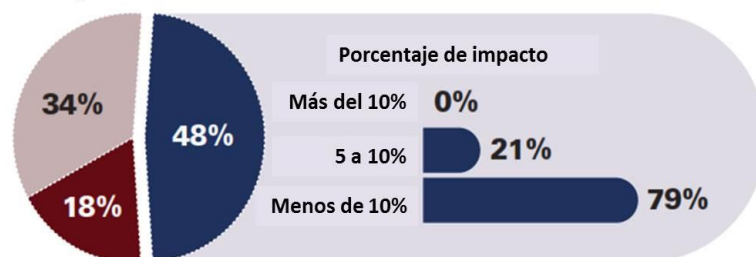
Porcentaje de mejora de la Productividad

(De acuerdo a propietarios, y contratistas)

Dodge Data & Analytics, 2015

- BIM tiene un Medio o Alto impacto en el coste final y se sabe el porcentaje del impacto.
- BIM tiene un Medio o Alto impacto en el coste final pero no es seguro el porcentaje del impacto.
- Bajo/Inexistente/No se conoce el impacto del BIM en el coste final.

Propietarios



Contratistas

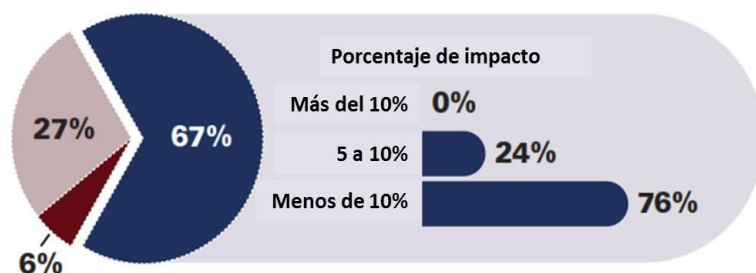


Figura 5. Porcentaje de Mejora de la Productividad. Fuente: DODGE Data & Analytics. Survey on BIM Impact on Design (According to Owners, Architects, and Engineers)

f) Reducción de trabajos in situ

La prefabricación de elementos, previamente diseñados con metodología/herramientas BIM (Building Information Modeling), permite un mejor avance y resultados en obra ya que los procesos constructivos se sistematizan, lo que contribuye a acortar plazos y costos en la ejecución. El empleo de BIM (Building Information Modeling) permite con anterioridad determinar las características del producto solicitado, logrando controlarse con antelación dimensiones, costos, calidad y también diseñándose el proceso de ensamblaje, disposición en campo, tiempo de fabricación, etc. En los estudios realizados por Dodge y Analytics, los

resultados son altamente positivos alcanzando un nivel de aceptación del 70%. Lo que contribuye notablemente a conseguir los objetivos de proyecto en cualquiera de sus etapas.

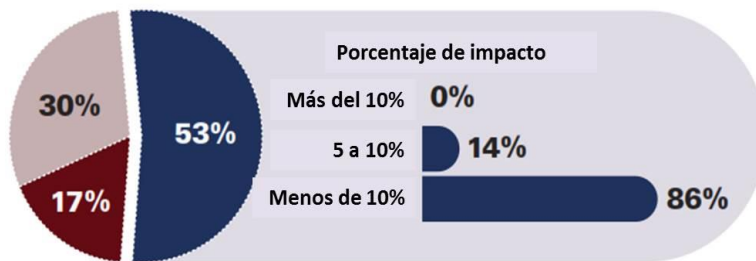
Porcentaje de la Reducción de trabajos in situ debido a la Prefabricación

(De acuerdo a propietarios, y contratistas)

Dodge Data & Analytics, 2015

- BIM tiene un Medio o Alto impacto en el coste final y se sabe el porcentaje del impacto.
- BIM tiene un Medio o Alto impacto en el coste final pero no es seguro el porcentaje del impacto.
- Bajo/Inexistente/No se conoce el impacto del BIM en el coste final.

Propietarios



Contratistas

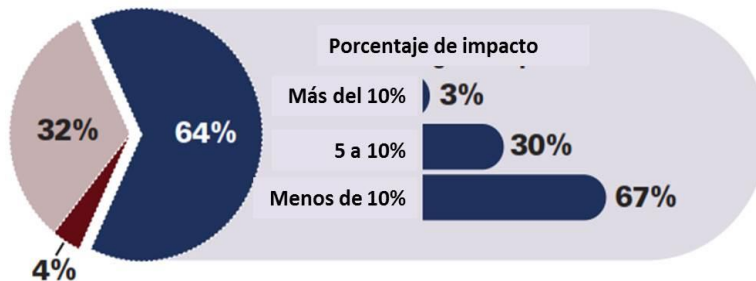


Figura 6. Porcentaje de reducción de trabajos in situ debido a la prefabricación. Fuente: DODGE Data & Analytics. Survey on BIM Impact on Design (According to Owners, Architects, and Engineers)

De acuerdo a lo antes señalado, podemos apreciar que:

- Los rangos de las opciones de impacto, porcentaje de costo, horario, RFI (Request For Information) de y métricas de seguridad son relativamente bajos (en incrementos de 5%, de menos de 5% a más del 10%).

- Los rangos para la productividad del trabajo y la reducción de mano de obra in situ debido a la prefabricación son más alta (en incrementos de 25%, de menos de 25% a más del 50%) debido al impacto anticipado del empleo de BIM (Building Information Modeling).

Vale la pena señalar que cada uno de estos seis resultados, son relativamente bajos en las calificaciones de impacto BIM (Building Information Modeling), lo que sugiere que todavía están en evolución, en proceso de implementación. Sin embargo, debido a la mejora que se produce y al conocimiento y manejo de esta herramienta se espera, que se incremente en el futuro su aplicación, mejorándose los resultados presentados.

Principales Métricas del BIM sobre los principales resultados de los proyectos, según los encuestados

(Porcentaje en dos niveles de Métricas de Impacto y Cuantificables)

Dodge Data & Analytics, 2015

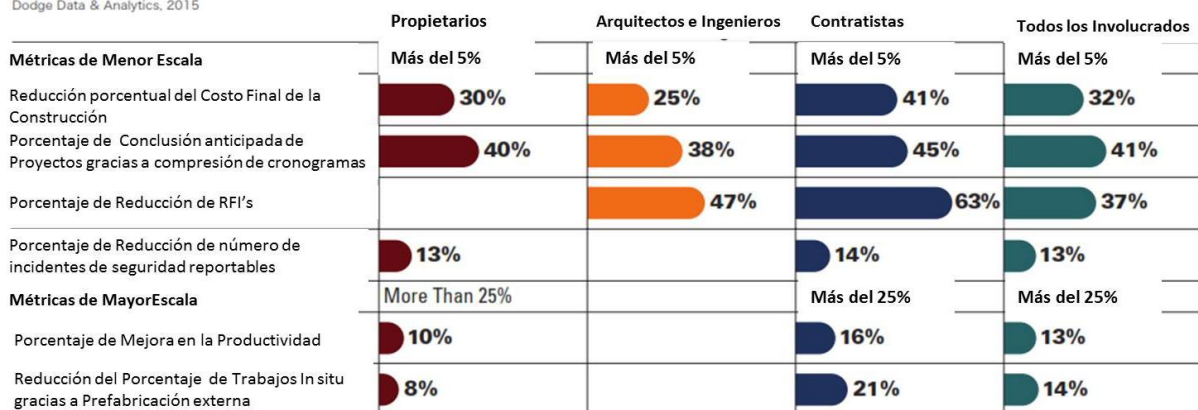


Figura 7. Principales Métricas del BIM Sobre los Principales Resultados de los Proyectos. Fuente: DODGE Data & Analytics. Survey on BIM Impact in Design (According to Owners, Architects, and Engineers)

2.2.2 Constructabilidad

2.2.2.1 Definición

El término Constructabilidad, es propio de la industria de la Construcción, no encontrándose acepciones de él en los diccionarios convencionales, y tiene significado únicamente para las personas relacionadas a este ámbito. Tiene que ver con la aplicación de técnicas para optimizar los proyectos, aumentando la productividad, disminuyendo los costos, y logrando cumplir los plazos y calidad establecidos en las bases del proyecto.

Para la Construction Industry Research & Information Association (CIRIA UK), la Constructabilidad es la integración del conocimiento de la construcción en el proceso de gestación del proyecto equilibrando las varias condicionantes ambientales [externas] y del proyecto [internas] para cumplir los objetivos y obtener un rendimiento de edificio de óptimo nivel.

Esta definición se centra en el proceso de gestación del proyecto, teniendo en cuenta que el costo de modificaciones en el proyecto es menor en esta etapa, y va incrementándose a medida que se desarrolla el proyecto. Sin embargo, esta definición limita las posibilidades de aplicación de Constructabilidad a las etapas iniciales, que, si bien son determinantes, debiera tenerse una aplicación a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

Según el Construction Industry Institute (CII USA), la Constructabilidad se define como “un sistema para alcanzar la integración óptima de los conocimientos y experiencia en construcción, en las etapas de un proyecto como son: planeación, ingeniería, procura y en el terreno de operaciones, orientado a tratar las particularidades de la obra y sus limitaciones dentro del medio ambiente, con la finalidad de alcanzar la maximización de los objetivos y el funcionamiento del proyecto”. (Best y The Valence, 2002).

El CII (Construction Industry Institute), con esta definición, afirma que los máximos beneficios ocurren cuando profesionales con conocimientos y experiencia en construcción

empiezan a involucrarse en las primeras etapas de un proyecto, y que el aporte de dichos profesionales puede darse en cualquier etapa del proyecto.

La Constructabilidad implica que los profesionales involucrados aporten con sus conocimientos y su experiencia en obra desde etapas tempranas, contribuyendo así desde entonces, hasta las etapas estratégicas y más críticas del ciclo de vida del proyecto.

Los proyectos que promueven el uso de Constructabilidad tienen cuatro características en común: (Tapia, 2012):

- Los Propietarios y Gerentes (diseño y construcción), están comprometidos con la eficacia del costo durante el ciclo de vida del proyecto y reconocen el alto costo de la toma de decisiones dentro del proyecto.
- Los administradores del proyecto, usan la Constructabilidad como una herramienta, para alcanzar los objetivos del proyecto en costo y plazo.
- Estos administradores incorporan anticipadamente la experiencia de construcción. Es decir, involucran al personal adecuado, especializado en el área de construcción y con una vasta comprensión de lo que es llevar un proyecto planeado, diseñado y construido.
- Los diseñadores o proyectistas son receptivos a la mejora de la Constructabilidad.

2.2.2.2. Conceptos de Constructabilidad

La Constructabilidad tiene su base en trece conceptos. Seis de los cuales se relacionan con la fase de Planificación conceptual de un Proyecto. Los siete restantes se relacionan con la fase de diseño y adquisiciones (Tapia, 2012).

Estos conceptos son:

I. Etapa de planificación conceptual:

- A. Los programas de constructabilidad forman parte de los planes de ejecución de un proyecto.**

Implica que si se decide implementar la Constructabilidad en un proyecto, se debe darle la importancia necesaria, y considerarse como parte de los planes de ejecución del proyecto. Estos planes deben incluir la organización, procedimientos operativos, el programa, el presupuesto y la estrategia general del proyecto.

Se debe tomar en cuenta cuánto afecta este plan de implementación tanto a diseñadores como a constructores. Dado el gran número de profesionales involucrados en un proyecto hospitalario, se debe tomar en cuenta que se tengan los medios necesarios para que todos los involucrados confluyan esfuerzos para mejorar la Constructabilidad.

Los programas de Constructabilidad contribuyen en:

- Ayudan a establecer las metas y objetivos del proyecto.
- Aportan una manera lógica y sistemática de integrar diseño y construcción.
- Proveen de un mecanismo para obtener experiencia en construcción a medida que se necesita.
- Mejoran la comprensión del diseño por parte del personal de construcción.

B. La planificación de un proyecto incorpora el conocimiento y experiencia de construcción en forma activa

Mediante la integración de personal con amplia experiencia en construcción en las actividades de planificación, se puede plantear como objetivo alcanzar beneficios en costo y plazo, previendo las mejores maneras de reducir costos, plazos o mejorar la calidad de la obra.

En un proyecto hospitalario, dadas las exigencias constructivas, debido a sus especificaciones y grados de calidad, se tiene que tomar en cuenta aspectos tales como:

- Disponibilidad de materiales
- Disponibilidad de mano de obra
- Costo de la mano de obra

- Costo de transporte
- Capacidad de los proveedores, etc.

C. La anticipada participación de profesionales de la construcción es considerada dentro del desarrollo de la estrategia de contratación

Este concepto se refiere a la estrategia de contratación del proyecto. Si éste será contratado a suma alzada o por precios unitarios, lo cual puede dificultar la Constructabilidad y que no necesariamente promueve la participación anticipada de los involucrados como una estrategia contractual, sino que esto se da en el contexto del desarrollo del proyecto.

D. Los programas generales del proyecto son sensibles a la construcción

Este concepto habla de la variación entre la Programación aprobada para el proyecto en su etapa inicial, y la que por lo general se establece y actualiza conforme avanza la obra. Se debería tender a la optimización de todo el proceso y hacerlo de manera conjunta.

E. Las modalidades de diseño básico, toman en cuenta los principales métodos constructivos

Se debe tomar en cuenta durante el desarrollo del diseño lograr métodos constructivos eficientes, orientados a facilitar la construcción, consiguiendo que sea más eficiente y económica. Algunos temas a tomar en cuenta en este aspecto son:

- Uso del concepto de modularización-prefabricación.
- Sistemas de excavación en diferentes condiciones.
- Sistemas de cimentaciones y su impacto en las operaciones de construcción que le siguen.
- Uso de pre-ensamblaje o pre-armado como solución constructiva.

F. La distribución de las instalaciones en el terreno debe promover una construcción eficiente

Se debe considerar una efectiva y planeada distribución de instalaciones en el terreno para facilitar las actividades de construcción, logrando así reducir los costos en muchas formas, tales como:

Proporcionar espacios adecuados y específicos para almacenamiento y talleres de trabajo.

- Facilitar el acceso de equipos, materiales y personal.
- Promover la prefabricación de elementos fuera de la obra, de modo que se trasladen a ésta únicamente para su instalación, mediante el uso de herramientas de previsualización, como BIM (Building Information Modeling).

II. Etapa de diseño y adquisiciones

A. Los Programas De Diseño Y Adquisiciones Son Sensibles A La Construcción

Se debe optimizar la planificación del proyecto para lograr el máximo beneficio global.

La planificación de proyectos debería adaptarse a la obra tan pronto como sea posible, ya que la no consideración del programa de construcción es un costoso error de administración.

B. Los diseños están estructurados para permitir una construcción eficiente.

Se debe tener a la incorporación de la Constructabilidad en las actividades de diseño, de modo que se facilite el intercambio de ideas entre los profesionales de construcción y diseño, antes de que se plasmen en el papel.

La idea es aplicar la Constructabilidad para analizar la distribución espacial de la obra, su facilidad de mantenimiento posterior, su operatividad y seguridad, etc., con el objeto de incorporar todos estos resultados en el diseño, logrando así un mejor resultado.

Algunos factores que se deben tomar en cuenta durante los análisis de Constructabilidad son: La simplicidad, la flexibilidad, secuencia, sustituciones y disponibilidad de mano de obra.

C. La constructabilidad se mejora cuando el diseño se hace a través de elementos estandarizados.

Se debe tender a la estandarización de elementos, lo cual permite que sean regular y ampliamente usados, estén disponibles o sean rápidamente provisionados; logrando además beneficios en términos de costos y plazo.

La estandarización resulta a través de los esfuerzos del personal de diseño y mediante la aplicación del conocimiento y la experiencia en construcción.

D. La constructabilidad es mejorada cuando la eficiencia en la construcción es considerada en el desarrollo de especificaciones.

La incorporación del conocimiento de construcción durante el desarrollo de las especificaciones. Esto puede contribuir significativamente a la generación de especificaciones que promoverán la eficiencia de las operaciones de construcción en campo.

E. La preparación de diseños modulares o pre-ensamblados facilita la fabricación, transporte e instalación, mejorando la constructabilidad.

El pre-ensamble o pre-armado corresponde al proceso en el cual varios materiales, componentes prefabricados y/o equipos, son unidos en una ubicación remota, para una subsecuente instalación en terreno como una sola unidad.

La modularización corresponde a productos que resultan de operaciones remotas de armado, que pueden incluir porciones de muchos sistemas. Generalmente, es la unidad o componente transportable de mayor tamaño de una instalación u obra. La decisión de utilizar alguna de estas dos alternativas se debe tomar en la etapa de planeación conceptual del proyecto.

F. El diseño de los proyectos debe considerar la accesibilidad del personal, materiales y equipos al lugar de la construcción

Desde el diseño se debe tomar en cuenta la accesibilidad de trabajadores, materiales y equipos en el área de trabajo. Las consecuencias de una accesibilidad deficiente pueden ser muy serias, tales como grandes demoras, baja productividad y errores durante el desarrollo del trabajo.

Entre las recomendaciones generales para lograr una adecuada accesibilidad, se tiene:

- Promover distancias cortas y movimientos fáciles para el acceso de los trabajadores a los sitios de trabajo.
- Los sistemas de transporte, tanto vertical como horizontal, deben permitir un acceso rápido a los puestos de trabajo.
- Las áreas de almacenamiento deben permitir un traslado fácil de materiales y equipos a los lugares de trabajo.
- El diseño debe permitir un fácil acceso durante la construcción, como también durante la operación y mantenimiento de las obras.
- Se deben considerar posibles atrasos en la llegada de equipos mayores, de modo que de producirse esta situación, su instalación no afecte al resto de las actividades de la obra.
- La distribución de obras subterráneas debe considerar necesidades de tránsito de equipos pesados por las vías de acceso establecidas.
- Se debe estudiar adecuadamente la coordinación del trabajo de varias cuadrillas o subcontratistas en espacios reducidos.

G. El diseño facilita la construcción bajo condiciones adversas de clima

Desde el momento de diseño se deben considerar las restricciones producto de las condiciones climáticas propias del lugar donde se ejecutará la obra. Los diseñadores deben

investigar formas mediante las cuales se puede aminorar la vulnerabilidad ante estas condiciones adversas. Y plasmarlo en el proyecto.

III. Etapa de Construcción

Si bien lo primordial dentro de las prácticas de Constructabilidad es actuar en las etapas iniciales del proyecto, también se debe aplicar en la etapa de construcción para mejorar la eficacia de las operaciones en campo.

Algunos aspectos que promueven una mejor Constructabilidad en campo son:

- Mejores secuencias de ejecución de tareas.
- Uso innovador de materiales y sistemas de construcción.
- Desarrollar o adaptar herramientas o equipos cuando sea conveniente.
- Asignar el recurso humano en forma efectiva, para aprovechar estandarización y repetición.
- Evaluar permanentemente nuevas alternativas de construcción.
- Usa los métodos y materiales más apropiados a las características y condiciones del proyecto.
- Utilizar una planificación detallada para evitar congestión y mantener rutas de acceso abiertas.
- Utilizar métodos de trabajo que permitan continuar cuando otras actividades se interrumpan o atrasen.
- Controlar con más énfasis aquellos trabajos altamente sensibles a problemas de calidad.

La esencia de este enfoque es que la Constructabilidad puede ser mejor, aprovechando el conocimiento en construcción de los participantes para maximizar oportunidades y desarrollar mejores opciones y así satisfacer los objetivos del proyecto con la coordinación y también adoptando procesos de revisión colectiva.

En este punto, hemos de indicar la posibilidad del uso del BIM (Building Information Modeling) para la mejora de la Constructabilidad desde etapas tempranas del proyecto, lo cual debe estar consignado como un objetivo del mismo, con tal de contar con los medios necesarios para tal fin.

2.2.3. Infraestructura Hospitalaria

Un Hospital tiene una definición común como un edificio que alberga funciones relacionadas con la enfermedad, rehabilitación y la salud, y en él residen pacientes durante periodos de tiempo variables utilizando sus servicios sanitarios, ya sea de diagnóstico o de tratamiento.

Tanto las concepciones sociológicas de la salud, como los avances tecnológicos asociados a su tratamiento, han evolucionado radicalmente desde las últimas décadas del siglo pasado, de manera casi disruptiva, llegando hoy a ser un edificio complejo tanto en tipologías como en estructuras funcionales, acogiendo, además de sus actividades de prestación de salud, otras complementarias, tales como habitación y residencia, espacios administrativos, industriales, técnicos e incluso deportivos.

Tal es así que la calidad del diseño de un edificio hospitalario pasa necesariamente por un adecuado esquema de la organización interna correspondiente a estas complejas relaciones funcionales.

En cuanto a su proceso de construcción, éste exige un marco de planificación general, un modelo de desarrollo básico y de ejecución, un sistema de control en las diferentes etapas del ciclo completo de implementación del proyecto, y una coordinación eficiente en la gestión del equipamiento técnico; todo ello en un marco regulado a través del órgano de contratación, que otorga seguridad jurídica para el cumplimiento de las actuaciones contempladas dentro de su plan director.

En nuestro ámbito, la Norma Técnica de Salud 110 del Ministerio de Salud, define los establecimientos de salud como aquellos donde se realizan atención de salud en régimen ambulatorio o de internamiento, con fines de prevención, promoción, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación, para mantener o restablecer el estado de salud de las personas.

Menciona además que el Establecimiento de Salud constituye la Unidad Operativa de la oferta de servicios de salud, según nivel de atención y clasificado en una categoría; está implementado con recursos humanos, materiales y equipos, realiza actividades de promoción de salud, prevención de riesgos y control de daños a la salud, asistenciales y de gestión para brindar atenciones de salud a la persona, familia y comunidad.

En cuanto al hecho constructivo, que deviene en la Infraestructura Hospitalaria, la N.T.S. 110 la define como el conjunto organizado de elementos estructurales, no estructurales y equipamiento de obra de una edificación que permite el desarrollo de prestaciones y actividades de salud.

El presente trabajo de investigación busca mejorar la Constructabilidad de los proyectos destinados a la Construcción de Hospitales, para lo cual hemos de entender que dichos proyectos, por su complejidad, tienen una serie de particularidades, que los diferencian de otro tipo de edificaciones desde el punto de vista de su construcción.

Una característica que diferencia a los hospitales de otro tipo de edificaciones es la diversidad de los elementos constructivos, instalaciones y equipamiento que lo componen, y la complejidad que se deriva de esta diversidad.

Entre estas características diferenciales, según Casares (2012), tenemos:

a) La Selección de los materiales:

Dada la diversidad de usos y funciones que se dan en un hospital, surge una gran cantidad de materiales constructivos y de acabados, los cuales deben reunir las siguientes características:

- Los materiales empleados deben ser de la mejor calidad dentro de su gama, y de la máxima durabilidad. Para ello, el factor del costo de la inversión no debe ser una limitante, ya que es preferible dotar a las instalaciones de materiales durables, en lugar de hacer luego gastos adicionales en mantenimientos correctivos.
- En este sentido, debe racionalizarse la cantidad de materiales que deban ser tributarios de posteriores mantenimientos, sean éstos los mínimos posibles.
- Debe buscarse además que la puesta en obra de dichos materiales debe ser sencilla, tendiendo en lo posible hacia la modulación.
- Debe tenerse en cuenta además la selección de materiales cuyo suministro en el futuro no sea una condicionante, o estén siempre disponibles en el mercado.
- Dada la necesidad de asepsia en un hospital, los materiales elegidos deben ser de fácil limpieza, incluso de manera rigurosa.
- Los materiales deben elegirse teniendo en cuenta la calidad ambiental que producen, y su relación con un diseño, para producir unos espacios resultantes agradables y confortables.

Si bien estas características apuntan a que la elección de materiales debiera responder a una homologación, en nuestro medio, esto no se da, tendiéndose a la elección de materiales que cumplan con las especificaciones mínimas, al menor costo posible, tendiéndose una brecha entre la optimización de materiales y la Constructabilidad o puesta en obra, y la vida útil a lo largo de las etapas de operación y mantenimiento del hospital.

b) La Modulación Dimensional

Dado que los hospitales son proyectados para cumplir con un ciclo de vida muy prolongado, es inevitable que se den modificaciones en su distribución, para lo cual, estas edificaciones deben tener entre sus características la flexibilidad interna.

Para ello, es necesario que el diseño del hospital se base en una modulación dimensional que permita situar los elementos inamovibles del edificio, como su estructura portante, en posiciones que den la máxima facilidad para un posible acoplamiento de diferentes distribuciones espaciales en el futuro.

Esto implica que el diseño de los hospitales debe darse planteando una modulación que cumpla con la mayoría de áreas requeridas para los distintos tipos de servicios, sin presentar déficit ni excesos de áreas, lo cual a su vez permita en el futuro cambios de usos de los distintos ambientes. A esto se suma que las normas técnicas que rigen las dimensiones de los ambientes también son susceptibles de actualizaciones en el futuro, por lo cual la modulación de áreas resulta una característica compleja en el diseño de hospitales.

c) La Complejidad de las Instalaciones

Otra característica diferencial de los hospitales es la complejidad de sus instalaciones, la cual responde por un lado a la diversidad de las funciones que se dan en él; y por otro lado a las especiales condiciones de utilización, con exigencias a veces extremadamente rigurosas, como son la limpieza y esterilidad de que se debe mantener en muchas zonas o las condiciones de seguridad con que muchas de las instalaciones deben ser proyectadas.

Para describir esta diversidad de instalaciones, tomaremos las que se encuentran en un hospital general, que presenta los siguientes grupos de instalaciones:

Climatización (CI)			
Suministro de energía eléctrica (EE)	Acometida y transformación		
	Iluminación		
	Fuerza		
	Emergencia		
Suministro de fluidos (SF)	Agua caliente y fría		
	Gas industrial		
	Gases medicinales	Propios:	Oxígeno medicinal
			Aire comprimido
		Vacío	
	Auxiliares	Gases de utilización diagnóstica	
	Fluidos especiales	Alcohol	
		Aguas tratadas	
Comunicaciones (CO) y (TE)	Voz. Telefonía e Intercomunicación		
	Datos e imagen		
	Transportes	Ascensores	
		Tubos neumáticos	
Transportes			
Seguridad (SE)	Detección y protección de incendios		
	Seguridad interna		
Instalaciones de apoyo (IA)	Clínicas	Esterilización	Hemodiálisis
		Especiales	Protección radiológica Especiales
	Hoteleras	Cocinas y distribución de comida	
		Lavado y distribución de ropa	
Producción de Energía (PE)	Térmica y Frigorífica		
	Cogeneración		
Eliminación de residuos (ER)	Saneamiento y depuración		
	Eliminación de basuras. Hornos.		
Acometidas. Conexión con redes exteriores (AC)			
Controles centralizados de las instalaciones (CC)			

Figura 8. Diversidad de Instalaciones un Hospital General. Fuente: Elaboración propia

Por ello, los hospitales se encuentran entre los edificios cuyo costo de instalaciones es muy significativo porcentualmente a la inversión total, pudiendo llegar hasta un 40 ó 50% del coste total de la obra, en hospitales especializados.

2.2.3.1 Sobre la Antigüedad y Distribución de Hospitales en el Perú

De acuerdo al Plan Nacional de Infraestructura 2016-2025, el porcentaje en la Brecha de Infraestructura del Sector Salud alcanza el 14%, superado por Telecomunicaciones (18%); Energía (17%), y Transporte (31%).

Así, las edificaciones hospitalarias constituyen el déficit más importante y sensible en cuanto a atención pública de primera necesidad.

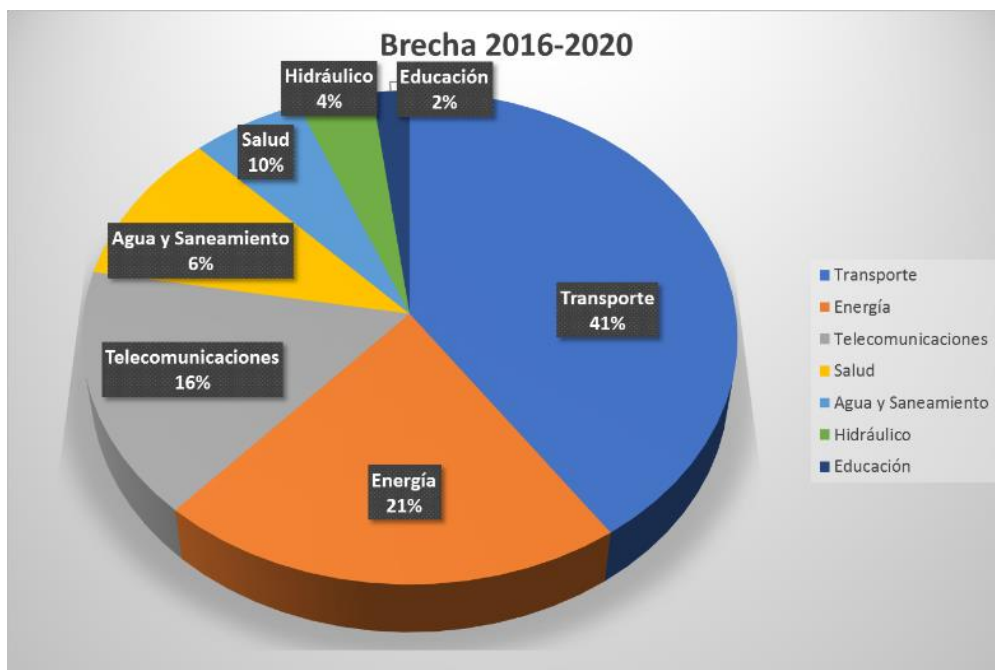


Figura 9. Brecha Infraestructura 2016-2020. Fuente: Plan nacional de Infraestructura 2016-2025

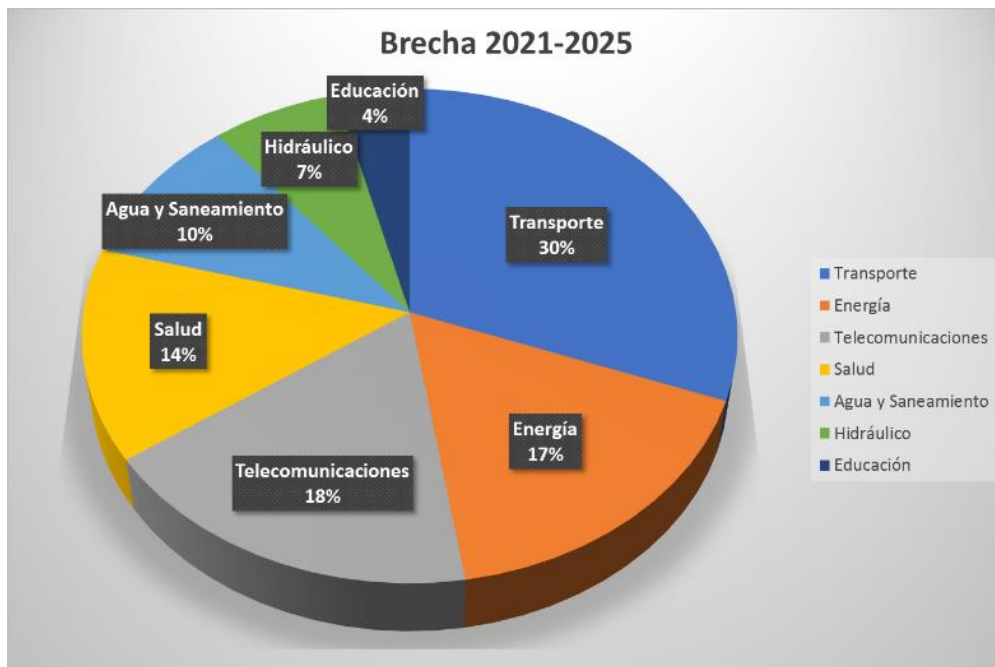


Figura 10. Brecha Infraestructura 2021-2025. Fuente: Plan nacional de Infraestructura 2016-2025

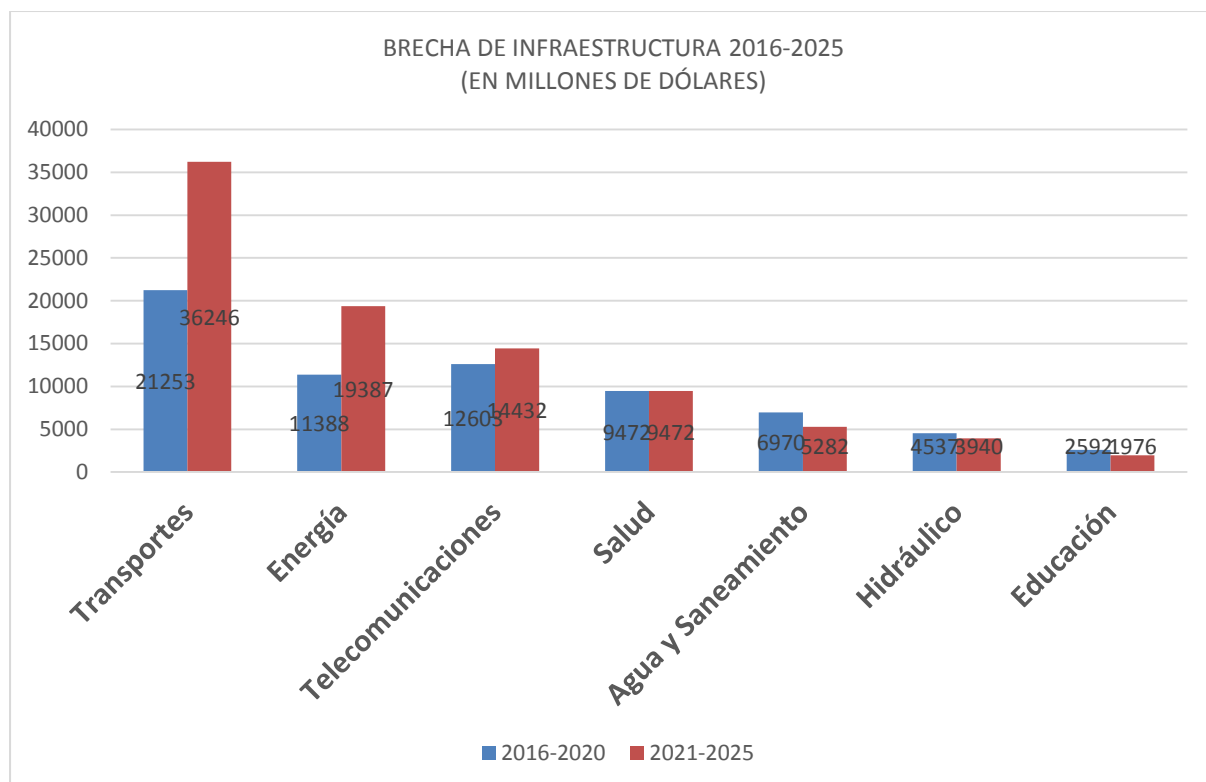


Figura 11. Brecha Infraestructura 2016-2025. Fuente: Plan nacional de Infraestructura 2016-2025

Sin duda un factor determinante es el inadecuado manejo de recursos financieros, lo que compromete a su vez la conservación y construcción de infraestructuras, mantenimiento y suministro de equipos, medicamentos, además de las deficiencias en la gestión, y formación del personal.

Por otro lado, se tiene una gran vulnerabilidad física relacionada a la sismicidad de nuestro territorio. Según INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil), de suceder un terremoto de 8 grados o más, la mayor parte de hospitales de la capital se verían seriamente afectados debido a su antigüedad y por su infraestructura deficiente (Luz Loo, 2012), por lo que provocaría el colapso del Sistema de Salud.

A esta problemática se suma que, según Luz Loo, los hospitales que se verían más dañados, entre ellos el Dos de Mayo y el Arzobispo Loayza, son justamente los que atienden a la población de menores recursos, y además, no se pueden intervenir dado que han sido considerados Patrimonio de la Nación.

La mayor parte de intervenciones que se dan sobre hospitales existentes consisten en ampliaciones y construcción de pabellones adicionales a los existentes, los cuales no son reforzados estructuralmente.

Con respecto a la antigüedad de los hospitales existentes, se sintetiza en el cuadro siguiente:

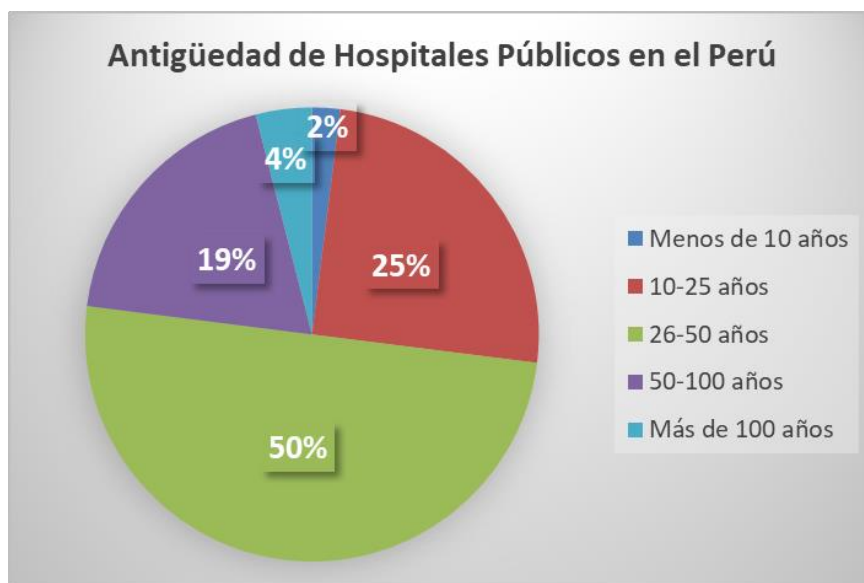


Figura 12. Antigüedad de Hospitales Públicos en el Perú. Fuente: http://www.inen.sld.pe/portal/documentos/pdf/gestion-hospi/29102009_anteproyecto_2009.pdf

Una característica importante en la dinámica de la Infraestructura Hospitalaria, es la baja capacidad resolutoria de los Centros de Salud de primera categoría, lo que implica que los beneficiarios de éstos son referenciados a hospitales de mayor capacidad, llámense hospitales provinciales o regionales, lo que conlleva además a una mayor centralización, que también es condicionada por la mayor especialización de éstos.

La Descentralización de la prestación de servicios de prestación de salud de calidad es un tópico importante a ser tratado. El siguiente gráfico da cuenta de la distribución por departamentos de Hospitales en el Perú.

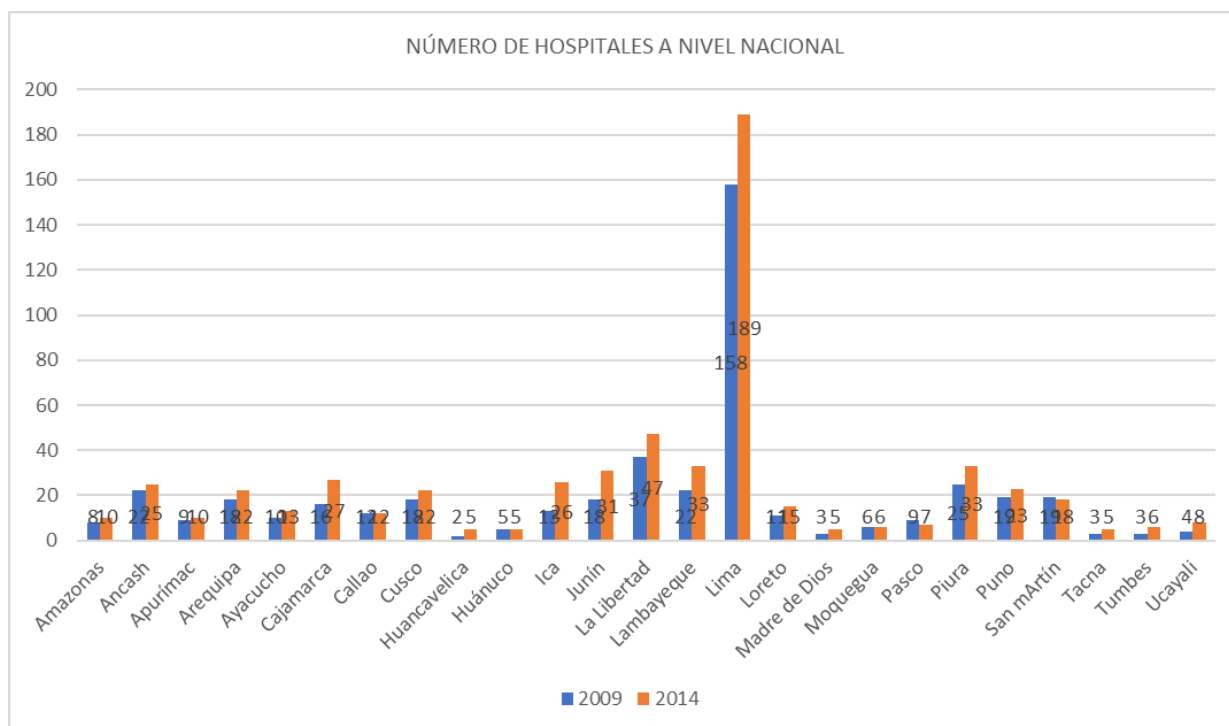


Figura 13. Número de Hospitales a Nivel Nacional. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática- INEI.

2.2.3.2. Diagnóstico de la Construcción de Hospitales en el Perú

2.2.3.2.1 Características generales de la elaboración de Proyectos-Expedientes técnicos de Centros Hospitalarios en el Perú.

Nuestras referencias, como ya se ha mencionado, serán los Centros Hospitalarios donde el estado tenga participación en la construcción, financiamiento, administración, llámense Ministerio de Salud, Regiones, APP (Asociaciones Público Privadas), entre otros.

El alto índice de litigios (**40% aprox.**) entre las empresas constructoras y el estado por temas principalmente relacionados con adicionales en obra, es decir, incremento de partidas nuevas, corrección de partidas , omisiones, incompatibilidades, etc. es un indicativo claro de que el punto de inicio del proyecto no está siendo bien trabajado, en consecuencia, esto se refleja en los incrementos de costos, plazos, obligando a entrar en litigios, que en muchos casos al no dirimirse en corto tiempo (o durante el proceso de la obra) imposibilitan, inclusive que el Centro hospitalario entre en funciones.

Entre las razones, podemos destacar: la mala calificación de especialistas, inadecuada supervisión de la ejecución del expediente técnico, Metas mal planteadas desde el perfil presentado al MEF (Ministerio de Economía y Finanzas), corto tiempo para el desarrollo de Expediente técnico, falta de compatibilización de las diferentes especialidades, entre otros. (Fuente: Informe de Investigación 27/2016-2017 “La Infraestructura Hospitalaria Pública en el Perú” Congreso de la República).

Sin lugar a dudas, el desarrollo de expediente y posterior construcción del centro hospitalario es muy complejo por la cantidad de participantes, componentes que necesariamente debieran de trabajar en forma armónica y permanente compatibilización. En el método tradicional, en que a la fecha se han ido desarrollando estos expedientes no está permitiendo resultados óptimos, que se reflejan en el producto final como se menciona líneas arriba.

Las dificultades en obra que necesariamente conllevan más costos, tiempos, variaciones, etc. son consecuencia de un proyecto mal planteado y mal desarrollado.

2.2.3.2.2 Características principales de productos, entregables.

Las características de los entregables, tanto a nivel de Elaboración de Expediente Técnico como de Ejecución de obra, cualquiera sea la modalidad de contratación, se describen en los TDR (Términos de Referencia).

A nivel de organismos formadores del estado, tienen en su mayoría, dificultades en acceso a tecnología actual, por tanto se limitan a continuar con una línea pre-establecida, un formato heredado que muchas veces lo que permite es que las entidades se llenen de documentos que nunca son revisados o son de poca utilidad para el seguimiento de los procesos en los proyectos. Por tanto, en el caso de los Expedientes Técnicos, son revisados en forma independiente sin tener la posibilidad de poder efectuar una adecuada compatibilización en bien del proyecto.

La gran cantidad de RFIs (Request For Information) y adicionales de obra en la ejecución de los centros hospitalarios no hace más que evidenciar, que el proyecto o ha sido desarrollado inadecuadamente.

2.2.3.2.3. Principales involucrados en el proceso

A. En la concepción del Proyecto

- UNIDAD FORMULADORA
- MEF
- MINSA
- GOBIERNOS LOCALES/REGIONALES
- PROINVERSION
- POBLACION
- CONSULTORES (ESPECIALIDADES)
- CONSTRUCTORES

B. En diseño del proyecto:

Se muestra a continuación la estructura de un equipo de trabajo con los requerimientos mínimos que exigen los contratos para Diseño y Obra de Proyectos de Hospitales de mediana envergadura.

Jefe de Proyecto:

Un (01) Arquitecto o Ingeniero Civil, con experiencia en gestión o coordinación de proyectos y deseable experiencia en proyectos hospitalarios.

Especialidad de Arquitectura:

Un (01) Arquitecto, **profesional principal**, con experiencia en proyectos hospitalarios. Profesionales de Apoyo.

Especialidad de Ingeniería Civil:

Un (01) Ingeniero Civil, **profesional principal**, especialista en estructuras y con deseable experiencia en proyectos hospitalarios. Profesionales de Apoyo.

Especialidad de Ingeniería Mecánica - Eléctrica:

Un (01) Ingeniero Mecánico – Electricista, **profesional principal**, con experiencia en proyectos hospitalarios.

Un (01) Ingeniero Electrónico o Informático con Certificación en Cableado Estructurado. Profesionales de Apoyo.

Especialidad de Ingeniería Sanitaria:

Un (01) Ingeniero Sanitario, **profesional principal**, con experiencia en proyectos hospitalarios. Profesionales de Apoyo.

Especialidad de Equipamiento:

Un (01) Equipador, **profesional principal**, profesional Arquitecto o Ingeniero, con experiencia en equipamiento Hospitalario. Profesionales de Apoyo.

Especialidad de Seguridad:

Un (01) Arquitecto o Ingeniero, **profesional principal**, especialista en proyectos de Seguridad, con Registro INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil) y con deseable experiencia en proyectos hospitalarios. Profesionales de Apoyo.

Especialidad de Mecánica de Suelos – Topografía:

Un (01) Ingeniero Civil, especialista en Mecánica de Suelos.

Un (01) Profesional o Técnico Topógrafo. Profesionales de Apoyo.

Especialidad de Metrados y Presupuestos:

Un (01) Ingeniero Civil, **profesional principal**, especialista en metrados y presupuestos y con deseable experiencia en proyectos hospitalarios. Profesionales de Apoyo.

C. En ejecución de obra:

Especialista Arquitectura

Especialista Estructural

Especialista Electricista.

Especialista Sanitario.

Especialista en Mecánica.

Especialista en Comunicaciones

Especialista en Seguridad

Especialista en Medio Ambiente

Supervisor de Obra

Verificar y exigir la correcta ejecución de los trabajos y asegurar el fiel cumplimiento de las condiciones y obligaciones del contratista establecidas en el Contrato y sus anexos.

2.2.3.2.4 Gestión durante la elaboración y aprobación del Expediente

En nuestro medio, los alcances típicos de un Proyecto de Infraestructura Hospitalaria comprenden los siguientes entregables:

2.2.3.2.4.1 Proyecto de Arquitectura

Plano de Ubicación, indicando datos de áreas y orientación (Formato Oficial Ley 27157); planos de trazado; plano de techos; Plantas por niveles, elevaciones y cortes a escala 1/50. Planos de Detalles: De servicios higiénicos, vestidores, ambientes especiales, carpintería, escaleras y/o Rampas; detalles constructivos externos e internos; detalles de mobiliarios fijos, etc. Cuadro General de Acabados indicado en el mismo plano; planos de secciones de acabados, cuadro de cerrajería, de vanos y otros que se considere.

2.2.3.2.4.2 Proyecto de Estructuras

Planos estructurales de cimentación, vigas, columnas, techos, detalles y en general de todos los elementos estructurales.

2.2.3.2.4.3 Proyecto de Instalaciones Sanitarias

Planos básicos y de detalles que correspondan a las instalaciones existentes de las redes de agua fría (agua dura), agua tratada, agua caliente, retorno de agua caliente, red contra incendios, red de desagüe, red de ventilación, red de evacuación pluvial.

Igualmente, planos de las redes de todos los sistemas proyectados, indicando claramente los puntos de empalme correspondientes. En los planos se deberá indicar el tipo y la cantidad de aparatos sanitarios.

2.2.3.2.4.4. Proyecto de Instalaciones Eléctricas y Comunicaciones:

Diagrama unifilar del sistema eléctrico general, diagramas unificables de cada tablero de distribución y fuerza, cuadro de cargas por cada tablero, esquemas de control de bombas. Planos de distribución de alumbrado, tomacorrientes y salidas especiales, coordinado con el equipamiento; alimentadores generales, montantes horizontales y verticales, detalles de instalación; comunicaciones: teléfono, reloj, parlantes, circuito cerrado de TV, cómputo, alarma contra incendio vigilancia y seguridad. En los planos se deberá indicar el tipo y la cantidad de artefactos de alumbrado, niveles de iluminación proyectados, cuadro de cargas, diagramas unificables, detalles constructivos y de instalación.

2.2.3.2.4.5. Proyecto de Instalaciones Mecánicas:

Planos de ventilación mecánica y aire acondicionado, indicando el cuadro de capacidades y características técnicas de los equipos, distribución de rejillas y difusores indicando las dimensiones y caudales, recorrido de ductos, planos de detalles constructivos y de montaje. Planos de distribución de equipos, redes de gases medicinales, GLP o Gas Natural, Petróleo diesel No 2, incinerador, grupo electrógeno, isométricos de cada sistema, detalles de instalación.

2.2.3.2.4.6. Proyecto de Equipamiento

Distribución de equipo en planta codificado a escala 1/50, listado de equipo codificado, por servicio y por ambiente, especificaciones técnicas, consolidado por grandes rubros y general, presupuesto referencial.

2.2.3.2.4.7. Proyecto de Seguridad

(Considerar alcances de Directiva N° 02-GG-ESSALUD-2002, DEFENSA NACIONAL), Normas de seguridad de INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil) y las normas y reglamentaciones correspondientes incluidas en el Reglamento Nacional de Construcciones.

Planos de Evacuación y Seguridad que llevarán la denominación EVS, en el que se identificará rutas, flujos, capacidad del local y zonas de seguridad. Las Rutas de evacuación se presentarán con línea continua y a colores, utilizando letras o números los que indicarán capacidad por ruta y la capacidad total del local.

Plano de ubicación de sistema de red contra incendios, indicando capacidad de reserva alternativa de agua.

Plano de ubicación de Extintores, Luz emergencia, Señalética y la simbología a emplear.

Memorias Descriptivas de sustento, donde se indique el cálculo de evacuación máxima de demanda y otros.

2.2.3.2.4.8. Labores Post-Estudio

El Consultor debe absolver todas las observaciones que se puedan presentar a su proyecto, así mismo, atenderá todas las consultas y aclaraciones que le sean solicitadas por parte de los postores o el contratista de la obra, durante su ejecución y al final de la misma. Finalmente, asesorará al Propietario y absolverá las consultas técnicas que le sean solicitadas

en lo que al Estudio Técnico se refiere, incluidas las etapas previas, durante y post obra y equipamiento.

2.3 Definición de términos

Adicional: Se considera como prestaciones adicionales aquellas entregas de bienes, servicios u obras que no estaban originalmente consideradas en el contrato, en las Bases integradas o en la propuesta presentada. Estas prestaciones pueden darse por diversas causas durante la ejecución contractual.

BIM: El modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), también llamado modelado de información para la edificación, es el proceso de generación y gestión de datos de un edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción. Este proceso produce el modelo de información del edificio (también abreviado BIM), que abarca la geometría del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de sus componentes.

BIM Manager: Persona de la organización del proyecto encargada de que el modelo combinado de todas las disciplinas sea coherente y se ajuste a las reglas o normas aplicables.

CAD: Diseño asistido por ordenador. Herramienta informática que facilita la elaboración de diseños y planos por ordenador, sustituyendo a las herramientas clásicas de dibujo como el tablero, la escuadra o el compás. Las entidades que manejan estas aplicaciones son de tipo geométrico, con pocas o ninguna posibilidades de añadir más información.

Clash Detection: (Detección de interferencias) Procedimiento que consiste en localizar las interferencias que se producen entre los objetos de un modelo o al superponer los modelos de varias disciplinas en un único modelo combinado.

Ciclo del Proyecto: Comprende las fases de pre-inversión, inversión y post-inversión. La fase de pre-inversión contempla los estudios de perfil, pre-factibilidad y factibilidad. La fase de inversión contempla el expediente técnico detallado así como la ejecución del proyecto. La fase de post-inversión comprende las evaluaciones de término del PIP (Proyecto de Inversión Pública) y la evaluación ex-post.

Constructabilidad: Es una técnica de manejo de proyectos para revisar los procesos de construcción de principio a fin durante el periodo antes de la construcción. Esto significa identificar obstáculos antes de que un proyecto sea construido para reducir o prevenir errores, demoras o sobrecostos.

Estudio de Pre factibilidad: Estudio de las diferentes alternativas seleccionadas en función del tamaño, localización, momento de iniciación, tecnología y aspectos administrativos. Esta es la última instancia para eliminar alternativas ineficientes.

Expediente técnico: Documento que contiene los estudios de ingeniería de detalle con su respectiva memoria descriptiva, bases, especificaciones técnicas y el presupuesto definitivo. Es el conjunto de documentos de carácter técnico y/o económico que permiten la adecuada ejecución de una obra, el cual comprende la memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos de ejecución de obra, metrados, presupuesto de obra, valor referencial, fecha del presupuesto, análisis de precios, calendario de avance de obra valorizado, fórmulas polinómicas y, si el caso lo requiere, estudio de suelos, estudio geológico, de impacto ambiental u otros complementarios.

HVAC: Abreviatura que designa un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado; del inglés Heating/Ventilating/Air Conditioning.

Lean Construction: El Lean Construction está basado en la gestión de proyectos de construcción siguiendo los principios de la mejora continua y el Lean Manufacturing. Este novedoso método Lean tiene como objetivo la mejora continua, minimizar las pérdidas y

maximizar el valor del producto final, diseñado conjuntamente con el cliente. A partir de la aplicación de técnicas que incrementan la productividad de los procesos de construcción, conseguimos mejorar la rentabilidad total del proyecto y eliminar los desperdicios, o "todo aquello que no agrega valor al producto final". Además, el rendimiento de los sistemas de planificación y control son medidos y mejorados.

Liquidación de la obra: La liquidación de la obra constituye la última fase de la consumación del contrato de obra y determina el precio que debe abonar el dueño de la obra. Una vez que la misma ha sido terminada, entregada y recibida por el promotor, éste tiene la obligación de pagar el precio convenido.

Modelo BIM: Representación 3D en formato digital de una construcción que almacena tantos datos físicos de un elemento como datos no geométricos como resistencia, material, coste, etc. y la relación entre los diferentes elementos que componen dicha construcción.

Prefabricado: Se aplica a la construcción (edificio, barco, etc.) o parte de ella que, en lugar de construirse en el lugar donde va emplazada, se ha fabricado en serie en otro lugar para que luego solo haya que colocarla o acoplarla en el lugar correspondiente.

Proyecto de Inversión Pública: Toda intervención limitada en el tiempo que utiliza total o parcialmente recursos públicos, con el fin de crear, ampliar, mejorar, modernizar o recuperar la capacidad productora de bienes o servicios; cuyos beneficios se generen durante la vida útil del proyecto y éstos sean independientes de los de otros proyectos.

Revit: Fue creado de forma exclusiva para trabajo en modelado BIM. Se trata de un programa con un **motor de cambios paramétricos** con una base de datos relacional que gestiona y coordina la información necesaria para el modelado del diseño arquitectónico, la construcción, y la ingeniería de un edificio, incluyendo todas las especialidades. Este

programa permite crear diseños basados en objetos inteligentes y tridimensionales, los que están asociados para coordinarse automáticamente ante cualquier cambio introducido.

RFI: Solicitud de Información, proceso por el cual un participante en el proyecto (por ejemplo, un contratista) envía una comunicación a otro participante para confirmar la interpretación de lo documentado o para aclarar lo especificado en un modelo.

Virtual Design and Construction VDC: (Diseño y construcción virtual) Proceso de diseño y construcción digital con el fin de planificar y prever problemas antes del inicio de la construcción real. Término que con frecuencia se utiliza como sinónimo de BIM.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

El presente Trabajo de Investigación es del tipo Exploratorio, dado que aborda principalmente la aplicación de BIM en proyectos hospitalarios, sobre lo cual no se dispone de literatura o investigaciones similares en nuestro medio local, debido a que es un campo en desarrollo, que a su vez es cambiante a lo largo del tiempo, por lo cual se introduce a las principales teorías sobre BIM, Constructabilidad e Infraestructura Hospitalaria de nuestro medio local, de manera descriptiva; y se hace el análisis de casos de Hospitales del sector público, de manera cuantitativa, haciendo énfasis en las causas y efectos del uso de metodologías convencionales, en contraposición con un breve análisis de casos donde el BIM contribuye a disminuir dichos efectos.

3.2 Elección de la Técnica

La técnica a emplear será del tipo Documental, que nos permite la recolección de información de fuentes bibliográficas para enunciar las teorías que sustentan el presente trabajo. Incluye el uso de instrumentos definidos según la fuente documental a la que hacen referencia.

En cuanto al análisis de casos, el empleo de fichas con la debida utilización de los datos podremos hacer cuadros estadísticos que nos permitan identificar los principales problemas que se dan durante la construcción de un edificio hospitalario.

3.3 Determinación del Instrumento

Se utilizará y procesará la información proveniente de los expedientes técnicos y de liquidación de obra facilitados por el MINSa (Ministerio de Salud), de hospitales ya ejecutados. Se pretende ordenar y clasificar la información mediante fichas que permiten la elaboración de cuadros, esquemas y gráficas de fácil interpretación.

3.4 Unidades de análisis

Se procederá a clasificar la información correspondiente a los adicionales de plazo y obra encontrados en los expedientes de liquidación de cada hospital en estudio. Esta información es clasificada de acuerdo a los objetivos del presente estudio.

3.5 Diseño y elaboración del instrumento

Elaboración de fichas genéricas, con información general de cada hospital, mostrando nombres, plazos, montos según contratos y también la información proveniente de las liquidaciones de obra en donde se refiere al incremento de presupuestos, plazos y otros.

3.6 Levantamiento de la información sobre problemática

Los datos mostrados para el análisis casuístico fueron solicitados al Área de Infraestructura de la Dirección de Infraestructura, Equipamiento y Mantenimiento del Ministerio de Salud. La metodología de análisis consistió en la depuración de datos, análisis de RFI's (Requests for information), Liquidaciones de Obra, entre otros documentos.

CAPITULO V: ANÁLISIS

4.1 Análisis casuístico.

Analizaremos casos de hospitales ejecutados mediante la metodología tradicional desde su concepción hasta su ejecución. Estos casos reflejan deficiencias u omisiones que se traducen en adicionales de plazo y costo, en algunos casos con riesgo de paralización de obra.

Los datos aquí presentados fueron solicitados al Área de Infraestructura de la Dirección de Infraestructura, Equipamiento y Mantenimiento del Ministerio de Salud, y la metodología de análisis consistió en la depuración de datos, análisis de RFI's (Request For Information), análisis de adicionales por ampliaciones de plazo, costo y otros documentos de obra.

Se presentan en primer lugar los resúmenes de cada proyecto, luego las estadísticas comparativas a partir de los datos analizados y la determinación de principales problemas; para llegar a las Conclusiones de cada caso

4.1.1 Caso 001: Construcción y Equipamiento del Hospital Regional en la Provincia de Cañete, Meta II



Figura 14. Vista 3D de Hospital Regional de la Provincia de Cañete. Fuente: <http://sincensuracanete.blogspot.com/2015/04/grl-convoca-licitacion-publica-la-obra.html>.

DATOS DE PROYECTO	
Obra	"CONSTRUCCIÓN Y EQUIPAMIENTO DEL HOSPITAL REGIONAL EN LA PROVINCIA DE CAÑETE, META II"
Contratista	: CONSORCIO HOSPITAL CAÑETE
Residente de Obra	: Ing. WALTER RAFAEL TIMANÁ MIRANDA
Supervisión de la Obra	: CONSORCIO HOSPITAL CAÑETE
Jefe de Supervisión	: Ing. HORACIO A. GUANILO GARCÍA
Entidad Contratante	: GOBIERNO REGIONAL DE LIMA
Proceso de Adjudicación	: AMC N° 018-2015-GRL/CE derivada de la LICITACIÓN PÚBLICA N° 16-2014-GRL/CE
Fecha de firma de Contrato	: 24 DE JUNIO DE 2015
Monto de Contratación	: S/. 118'263,414.17 Inc. IGV
Sistema de Contratación	: LLAVE EN MANO
Fecha de inicio de plazo	: 26 DE SETIEMBRE DE 2015
Plazo para la Ejecución de la Obra	: 270 días Calendario
Plazo de Ejecución Final	: 614 días Calendario
FECHA DE TÉRMINO DE LA OBRA CONTRACTUAL	: 22 de junio de 2016
FECHA DE CULMINACIÓN DE OBRA	: 31 de Mayo del 2017
Ampliación de Plazo	
Ampliación de Plazo N° 01	: 48 días calendarios (APROBADO)
Ampliación de Plazo Parcial N° 02	: 47 días calendarios (EN ARBITRAJE)
Ampliación de Plazo Parcial N° 03	: 69 días calendarios (APROBADO)
Ampliación de Plazo Parcial N° 04	: 58 días calendarios (APROBADO)
Ampliación de Plazo Parcial N° 05	: 37 días calendarios (APROBACIÓN PARCIAL)
Ampliación de Plazo Parcial N° 06	: 122 días calendarios (DENEGADA)
Ampliación de Plazo Parcial N° 07	: 132 días calendarios (APROBADO)
Ampliación de Plazo Parcial N° 08	: 31 días calendarios (DENEGADA)
Ampliación de Plazo Parcial N° 09	: 36 días calendarios (DENEGADA)
Adicional de Obra	
Adicional de Obra N°01	: 1'389,127.26 (12/09/16)
Adicional de Obra N°02	: 976,014.85 (17/11/16)
Adicional de Obra N°03	: 134,066.11 (30/05/17)
Adicional de Obra N°04	: 11'487,341.20 (01/10/17)

Figura 15. Datos Generales Proyecto Hospital Regional de la Provincia de Cañete. Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.1 Análisis de RFIs

La mayor incidencia de RFIs (Request For Information) se da en las Especialidades de Eléctricas y comunicaciones, seguidas de Arquitectura e Instalaciones Sanitarias.

Tabla 1.

Incidencia porcentual de RFIs por especialidad en Hospital Cañete.

Especialidad	Porcentaje
Estructuras	5%
Estructuras-Arquitectura	2%
Arquitectura	18%
Sanitarias	16%
Sanitarias-Arquitectura	1%
Pluvial	3%
Eléctricas	9%
Eléctricas-Comunicaciones	38%
Equipamiento-Eléctricas	1%
Comunicaciones	6%
Mecánicas	3%
Equipamiento	2%

Nota: Elaboración propia.

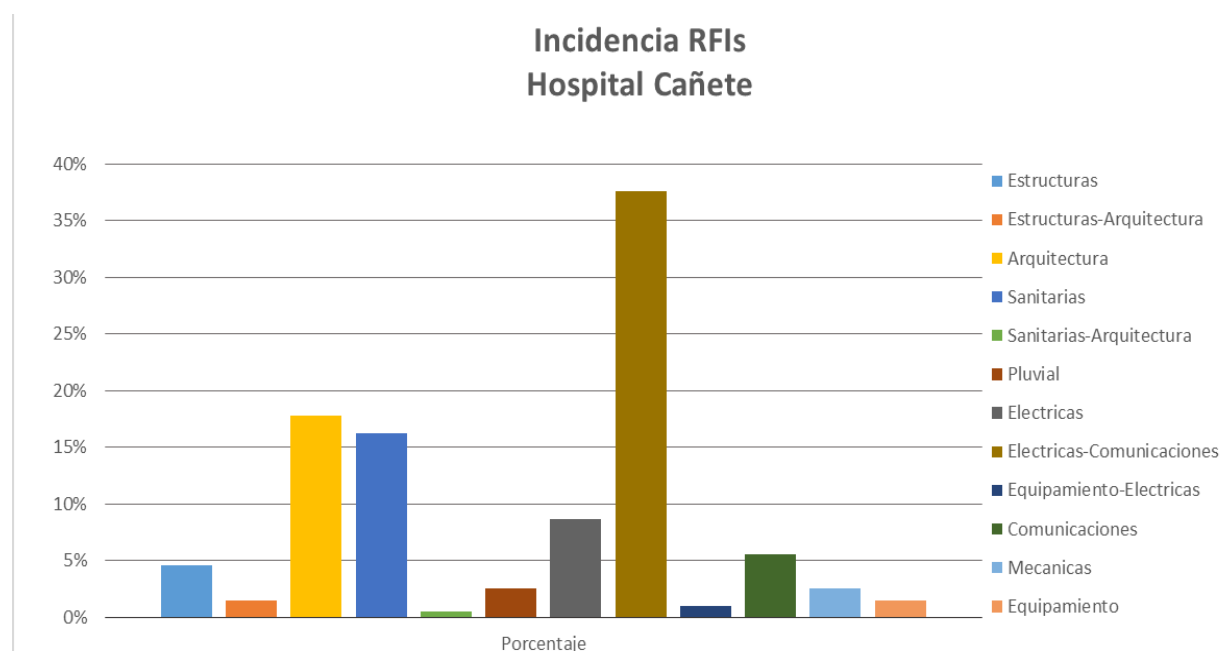


Figura 16. Incidencia Porcentual de RFIs generados durante la ejecución de obra del Hospital de Cañete, clasificados por Especialidad. Fuente: Elaboración propia

4.1.1.2 Análisis del Plazo de Ejecución

Tabla 2.
Adicionales de plazo en Hospital Cañete.

Descripción	Cantidad	Porcentaje	Estado
Plazo para la Ejecución de la Obra	270	100%	
Ampliación de Plazo N° 01	48	18%	(APROBADO)
Ampliación de Plazo Parcial N° 02	0	0%	(EN ARBITRAJE)
Ampliación de Plazo Parcial N° 03	69	26%	(APROBADO)
Ampliación de Plazo Parcial N° 04	58	21%	(APROBADO)
Ampliación de Plazo Parcial N° 05	37	14%	(APROBACIÓN PARCIAL)
Ampliación de Plazo Parcial N° 06	0	0%	(DENEGADA)
Ampliación de Plazo Parcial N° 07	132	49%	(APROBADO)
Ampliación de Plazo Parcial N° 08	0	0%	(DENEGADA)
Ampliación de Plazo Parcial N° 09	0	0%	(DENEGADA)
Total de Plazo de Ejecución	614	227%	

Nota: Elaboración propia

Tabla 3.
Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Cañete.

Descripción	Cantidad	%
Plazo Inicial de Ejecución de Obra	270	100%
Total Ampliación de Plazo	344	127%
TOTAL	614	227%

Nota: Elaboración propia

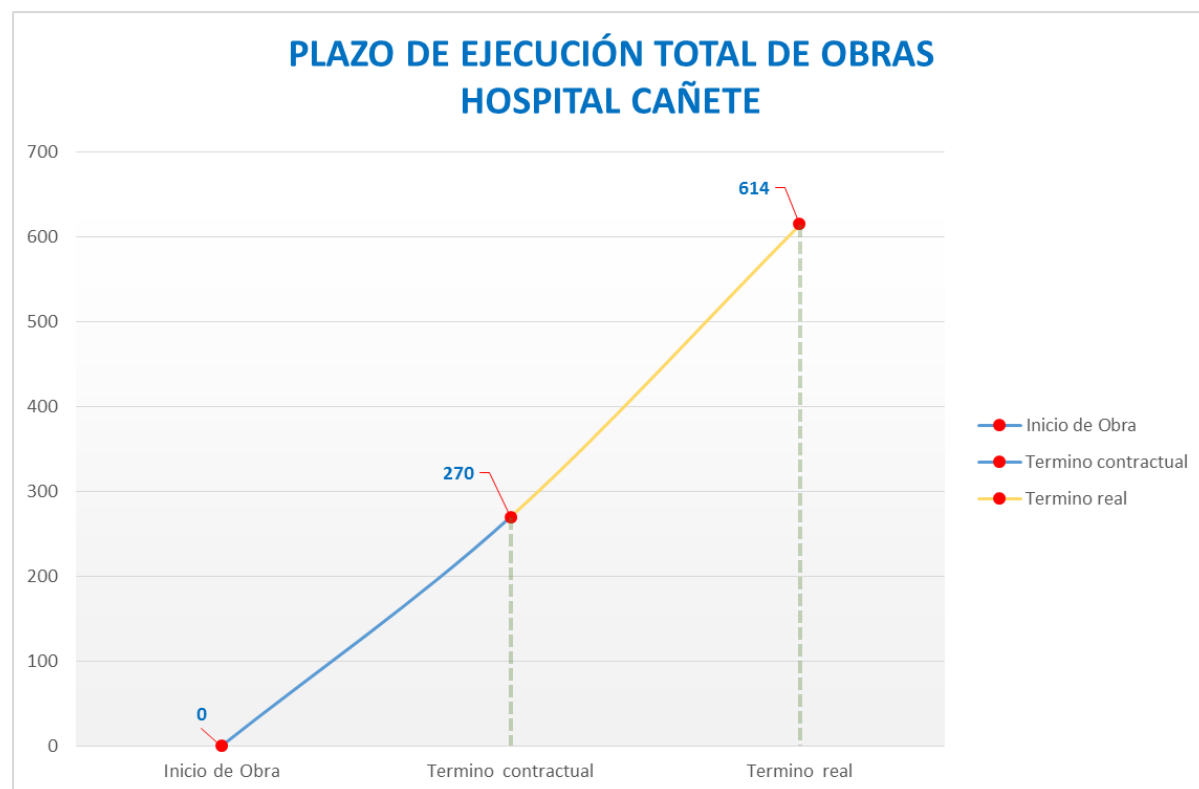


Figura 17. Plazo total de ejecución de obra Hospital Cañete. Fuente: Elaboración propia

4.1.1.3 Análisis del Presupuesto del Proyecto

Se genera un incremento en la inversión del 11.83%, respecto al Presupuesto contractual.

Tabla 4.

Incidencia de adicionales de presupuesto en Hospital Cañete.

Descripción	Costo (S/.)	%
Monto de Contratación	118,263,414	100.00%
Adicional de Obra N°01	1,389,128	1.17%
Adicional de Obra N°02	976,015	0.83%
Adicional de Obra N°03	134,066	0.11%
Adicional de Obra N°04	11,487,341	9.71%
Presupuesto Total	132,249,964	111.83%

Nota: Elaboración propia

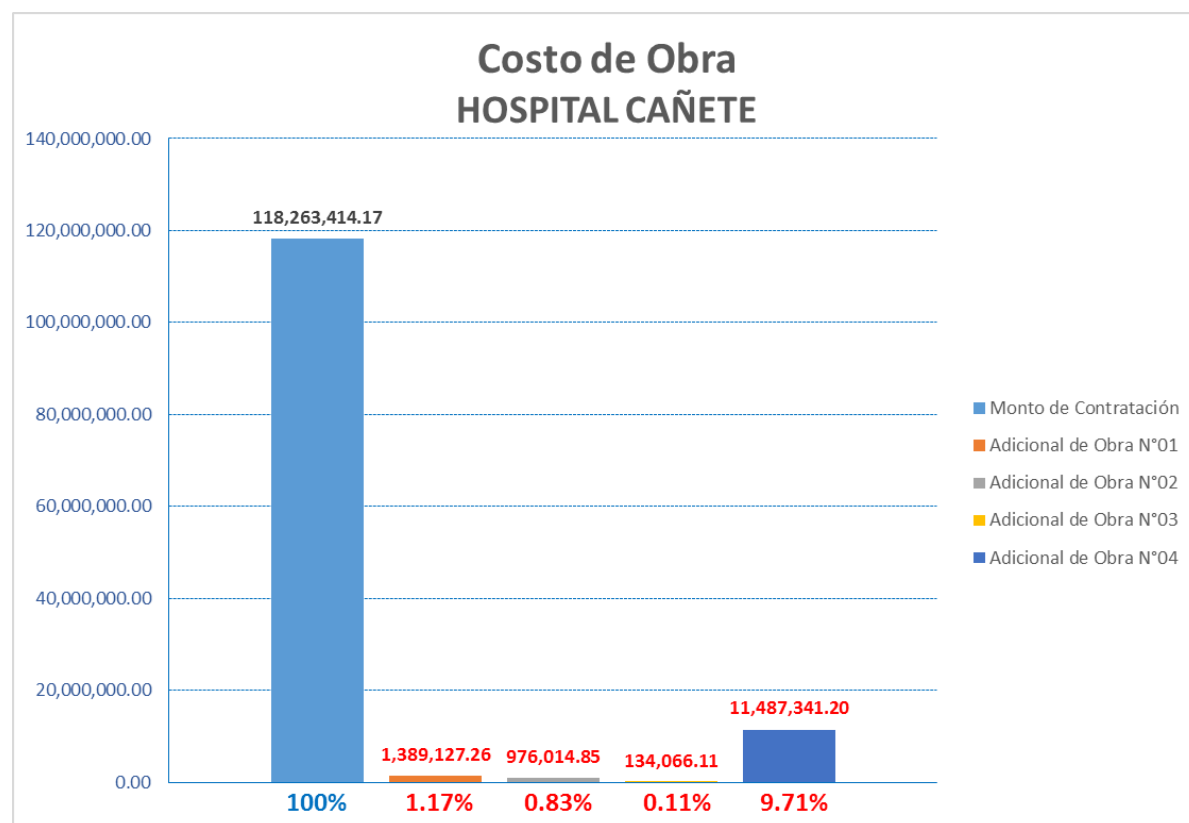


Figura 18. Costo Final de Obra Hospital Cañete. Fuente: Elaboración propia.

Comentarios:

- El Proyecto CONSTRUCCIÓN Y EQUIPAMIENTO DEL HOSPITAL REGIONAL EN LA PROVINCIA DE CAÑETE, META II, tuvo la solicitud de 9 ampliaciones de plazo

de las cuales 5 fueron aprobadas, dando estas ampliaciones un total de 344 días calendario adicionales al plazo contractual de ejecución.

- En el proyecto se dieron 4 adicionales de obra también genero 4 adicionales de obra cuya sumatoria representa el 11.83% de adicional al monto contratado.
- Del análisis de los RFIs (Request For Information) y el sustento de adicionales de la Ejecución del Proyecto podemos apreciar que la mayor incidencia de incompatibilidades se dan en las especialidades de Instalaciones eléctricas y de Comunicaciones, seguido de Arquitectura, e Instalaciones Sanitarias. Estas incompatibilidades se dan a consecuencia de las deficiencias en la elaboración del expediente técnico y falta de información en el mismo.

4.1.2 Caso 002: Construcción del Hospital “San Martín de Porres de Macusani”



Figura 19. Vista 3D de Hospital “San Martín de Porres” de Macusani. Fuente: <https://www.regionpuno.gob.pe/gobierno-regional-puno-cumple-hospital-altura-carabaya/>

DATOS DE PROYECTO	
Obra	: "CONSTRUCCIÓN DEL HOSPITAL "SAN MARTÍN DE PORRES" DE MACUSANI"
Contratista	: MOTA ENGIL PERU S.A.
Residente de Obra	: Ing. Walter Rafael Timana Miranda
Entidad Contratante	: GOBIERNO REGIONAL DE PUNO
Contrato de Obra	: N° 01-2014-RES-GRP
Fecha de inicio contractual	: 17 de octubre del 2016
Plazo para la Ejecución	: 420 días Calendario
Plazo de Ejecución Final	: 690 días Calendario
Fecha de término contractual	: 11 de noviembre del 2017
Monto de Contratación	: S/. 101'207,822.00 Inc. IGV
Sistema de Contratación	: Obra por impuestos
Cliente	: Banco de Crédito del Perú, Pacíficos Seguros Generales S.A., Consorcio Telefónica Móviles S.A.
Fecha de término real	: En ejecución (Se concluyeron obras civiles en Marzo 2018)

Figura 20. Datos generales Proyecto Hospital "San Martín de Porres" de Macusani. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.1 Análisis de RFIs

La mayor incidencia de RFIs (Request For Information) se da en las Especialidades de Comunicaciones, seguidas de Estructuras, Arquitectura e Instalaciones Mecánicas.

Tabla 5.

Incidencia porcentual de RFIs por especialidad en Hospital Macusani

Especialidad	Porcentaje
Estructuras	7%
Estructuras-Arquitectura	15%
Estructuras - Pluvial	1%
Arquitectura	7%
Sanitarias	7%
Sanitarias-Arquitectura	3%
Sanitarias-Eléctricas	1%
Pluvial	1%
Eléctricas	7%
Comunicaciones	31%
Mecánicas	10%
Equipamiento	7%

Nota: Elaboración propia

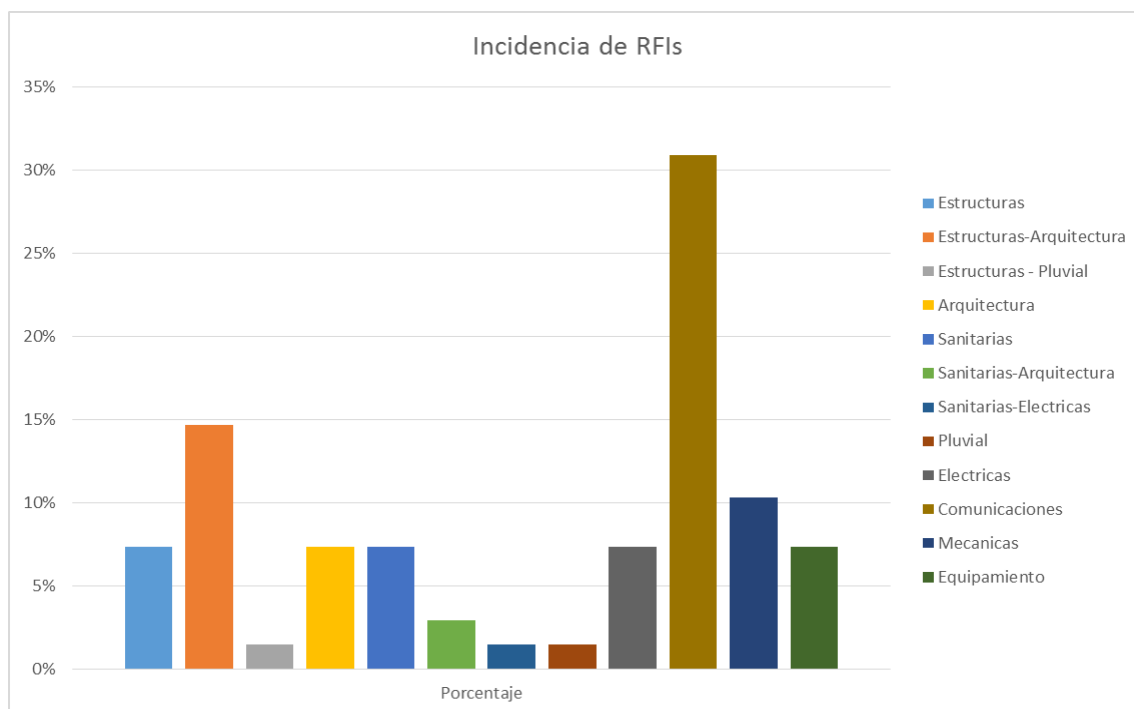


Figura 21. Incidencia RFIs Hospital Macusani. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2 Análisis del plazo de ejecución

Tabla 6.

Incidenia de adicionales de plazo en Hospital Macusani.

Descripción	Cantidad	%
Plazo Inicial de Ejecución de Obra	420	100%
Total Ampliación de Plazo	270	64%
TOTAL	690	164%

Nota: Elaboración propia

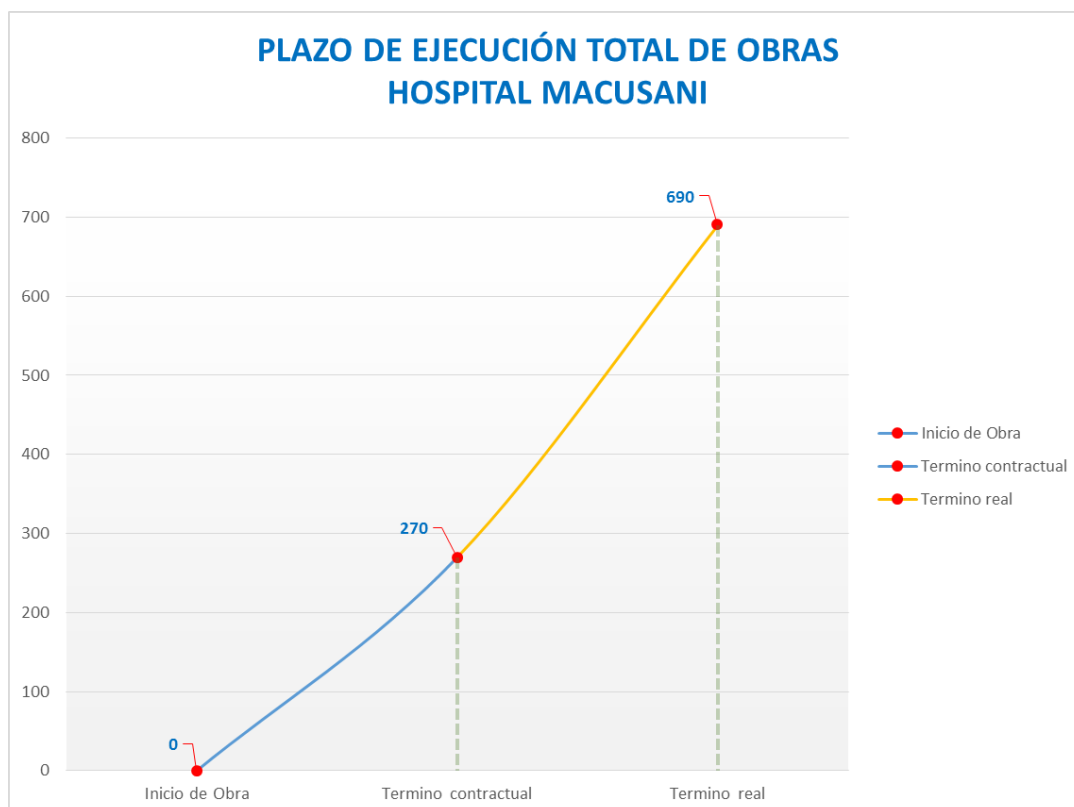


Figura 22. Plazo Total de Ejecución de Obra Hospital Macusani. Fuente: Elaboración propia.

Comentarios:

- El Proyecto CONSTRUCCIÓN DEL HOSPITAL “SAN MARTÍN DE PORRES” DE MACUSANI, es una obra bajo la modalidad de Obras por Impuestos.
- En el proyecto tuvo una ampliación de plazo total de 240 días calendarios, ya que debido a incompatibilidades en las especialidades que intervienen en el proyecto a la fecha no es posible realizar la transferencia para su puesta en funcionamiento.
- Del análisis de los RFIs (Request For Information) y el sustento de adicionales de la Ejecución del Proyecto podemos apreciar que las mayores incidencias de incompatibilidades se dan en las especialidades de Comunicaciones, seguido de Arquitectura-Estructuras y Mecánicas.

4.1.3 Caso 003: Fortalecimiento del Capacidad Resolutiva de los Servicios de Salud del Hospital Regional de Ica



Figura 23. Vista 3D de Hospital Regional de Ica. Fuente: <http://www.icaabc.com/heber-sotomayor-habido-negligencia-por-parte-de-los-medicos-del-hospital-regional>

DATOS DE PROYECTO	
Obra	"FORTALECIMIENTO DEL CAPACIDAD RESOLUTIVA DE LOS SERVICIOS DE SALUD DEL HOSPITAL REGIONAL DE ICA"
Contratista	: COSAPI S.A.
Residente de Obra	: Ing. Jorge Almeza Barra
Entidad Contratante	: MINSA
Contrato de Obra	: 307-2009-MINSA
Fecha de inicio contractual	: 04 de febrero del 2010
Plazo para la Ejecución	: 450 días Calendario
Plazo de Ejecución Final	: 961 días Calendario
Fecha de término contractual	: 29 de abril del 2011
Monto de Contratación	: S/. 76'519,103.40 Inc. IGV
Sistema de Contratación	: Suma Alzada
FECHA DE TÉRMINO DE LA OBRA REAL	: 22 de Setiembre de 2014
Adicional de Obra	
Adicional de Obra N°01	: 4'196,103.90 (07/05/10)
Adicional de Obra N°02	: 8'941,430.41 (28/03/11)
Adicional de Obra N°03	: 3'434,625.03 (28/03/11)
Adicional de Obra N°04	: 494,967.33 (DENEGADO)
Adicional de Obra N°05	: 4'699,858.20 (05/08/11)
Adicional de Obra N°06	: 329,676.00 (01/02/12)
Adicional de Obra N°07	: 633,621.31 (01/06/12)

Figura 24. Datos Generales Proyecto de Hospital Regional de Ica. Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.1 Análisis de RFIs

La mayor incidencia de RFIs (Request For Information) se da en las Especialidades de Comunicaciones, seguidas de Estructuras, Arquitectura e Instalaciones Eléctricas.

Tabla 7.

Incidencia porcentual de RFIs por especialidad en Hospital Regional de Ica.

Especialidad	Porcentaje
Estructuras	29.10%
Arquitectura	3.68%
Sanitarias	4.77%
Eléctricas	11.10%
Comunicaciones	43.39%
Mecánicas	7.81%
Equipamiento	0.15%

Nota: Elaboración propia

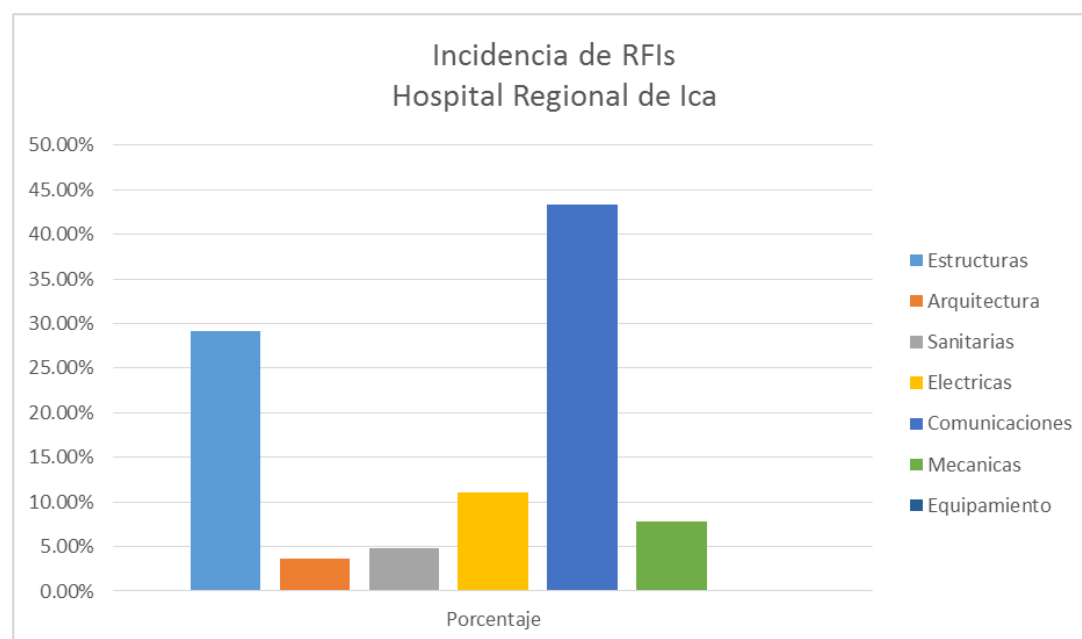


Figura 25. Incidencia RFIs Hospital Regional de Ica. Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.2 Análisis del Plazo de Ejecución

Tabla 8.

Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Regional de Ica.

Descripción	Cantidad	%
Plazo Inicial de Ejecución de Obra	450	100%
Total Ampliación de Plazo	511	114%
TOTAL	961	214%

Nota: Elaboración propia

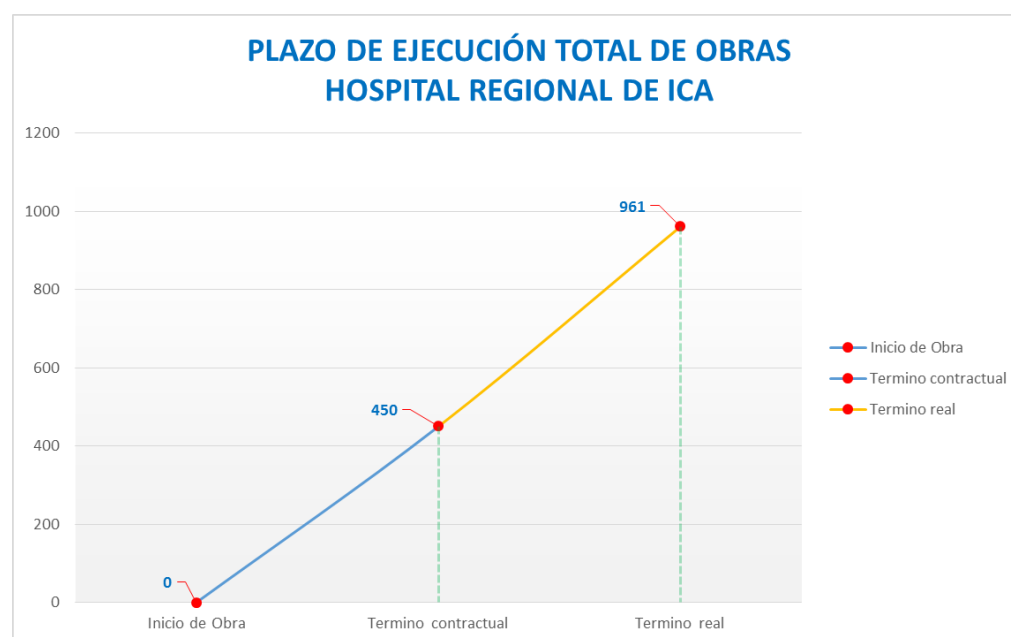


Figura 26. Plazo Total de Ejecución de Obra Hospital Regional de Ica. Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.3 Análisis del Presupuesto del Proyecto

Se genera un incremento en la inversión del 29%, respecto al Costo contractual

Tabla 9.

Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Regional de Ica.

Descripción	Costo (S/.)	%
Presupuesto contractual	76,519,103	100%
Adicional de Obra N°01	4,196,104	5%
Adicional de Obra N°02	8,941,430	12%
Adicional de Obra N°03	3,434,625	4%
Adicional de Obra N°04		0%
Adicional de Obra N°05	4,699,858	6%
Adicional de Obra N°06	329,676	0%
Adicional de Obra N°07	633,621	1%
Costo Total	22,235,315	129%

Nota: Elaboración propia

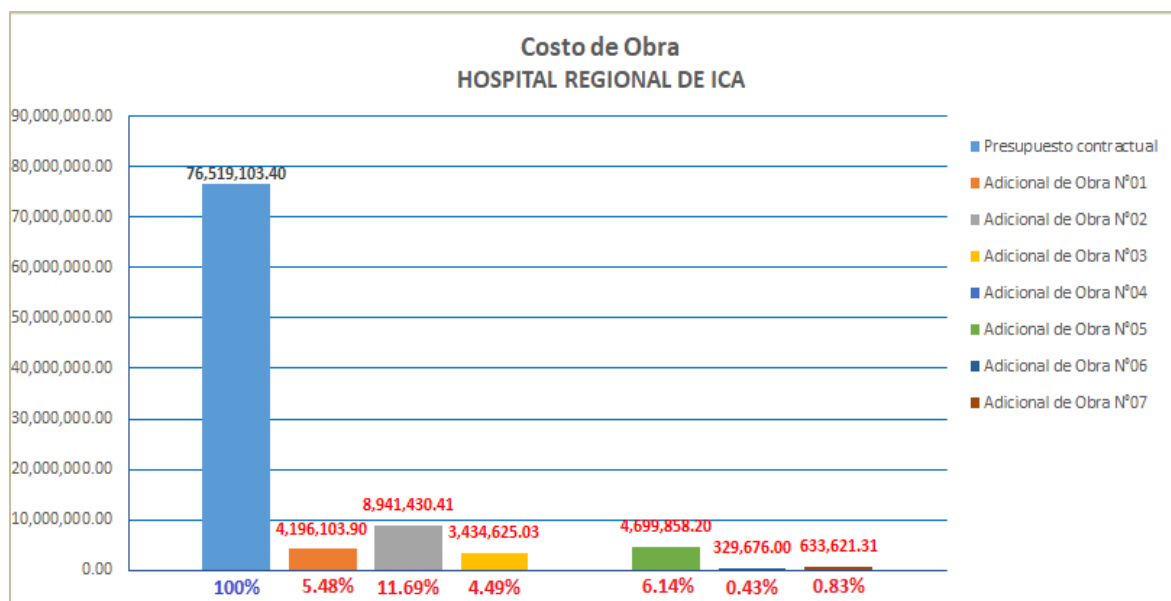


Figura 27. Costo Final de Obra Desglosado Hospital Regional de Ica. Fuente: Elaboración propia.

Comentarios:

- El Proyecto FORTALECIMIENTO DEL CAPACIDAD RESOLUTIVA DE LOS SERVICIOS DE SALUD DEL HOSPITAL REGIONAL DE ICA, tuvo la solicitud de 9 ampliaciones de plazo de las cuales 5 fueron aprobadas, dando estas ampliaciones un total de 344 días calendario adicionales al plazo contractual de ejecución.
- En el proyecto se dieron 7 adicionales de obra de los cuales se aprobaron 6 adicionales de obra cuya sumatoria representa el 29% de adicional al monto contratado.
- Del análisis de los RFIs (Request For Information) y el sustento de adicionales de la Ejecución del Proyecto podemos apreciar que la mayor incidencia de incompatibilidades se dan en las especialidades de Comunicaciones, Instalaciones Eléctricas, seguido de Arquitectura y Estructuras.

4.1.4 Caso 004: Reconstrucción de la infraestructura y Mejoramiento de la Capacidad Resolutiva de los Servicios de Salud del Hospital Santa María del Socorro-Ica



Figura 28. Vista Frontal Hospital Santa María del Socorro-Ica. Fuente: <http://revista-mi-region-ica.blogspot.com/2013/05/hospital-santa-maria-del-socorro.html>

DATOS DE PROYECTO	
Proyecto	RECONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA Y MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD RESOLUTIVA DE LOS SERVICIOS DE SALUD DEL HOSPITAL SANTA MARIA DEL SOCORRO-ICA
Contratista	: CONSORCIO SANTA
Propietario	: MINISTERIO DE
Monto Ppto	: S/. 38,670,863.00
Modalidad	: SUMA ALZADA
Fecha Inicio	: 23 Marzo del 2010
Plazo Ejecución Inicial	: 390 días
Fecha Termino Inicial	: 20 Julio del 2011
FECHA DE TÉRMINO DE LA OBRA REAL	: 12 de Junio de 2012
Adicional de Obra	
Adicional de Obra N°01	: 1,721,303.74
Adicional de Obra N°02	: 27,654.89
Adicional de Obra N°03	: 141,522.59
Adicional de Obra N°04	: 122,348.34
Adicional de Obra N°05	: 61,165.31
Adicional de Obra N°06	: 466,673.05
Adicional de Obra N°07	: 218,481.87
Adicional de Obra N°08	: 598,509.60
Adicional de Obra N°09	: 413,582.87
Adicional de Obra N°10	: 764,319.34
Adicional de Obra N°11	: 1,505,456.08
Adicional de Obra N°12	: 3,199,748.20
Adicional de Obra N°13	: 116,104.00
Adicional de Obra N°14	: 761,402.39
Adicional de Obra N°15	: 215,446.26

Figura 29. Datos generales Proyecto de Hospital Santa María del Socorro-Ica. Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.1 Análisis de RFIS

La mayor incidencia de RFIs (Request For Information) se da en las Especialidades de Comunicaciones, seguidas de Estructuras, Arquitectura e Instalaciones Eléctricas.

Tabla 10.

Incidencia porcentual de RFIs por especialidad en Hospital Santa María del Socorro.

Especialidad	Porcentaje
Estructuras	21.91%
Arquitectura	5.59%
Sanitarias	2.08%
Eléctricas	23.99%
Comunicaciones	31.67%
Mecánicas	14.76%
Equipamiento	0.00%

Nota: Elaboración propia

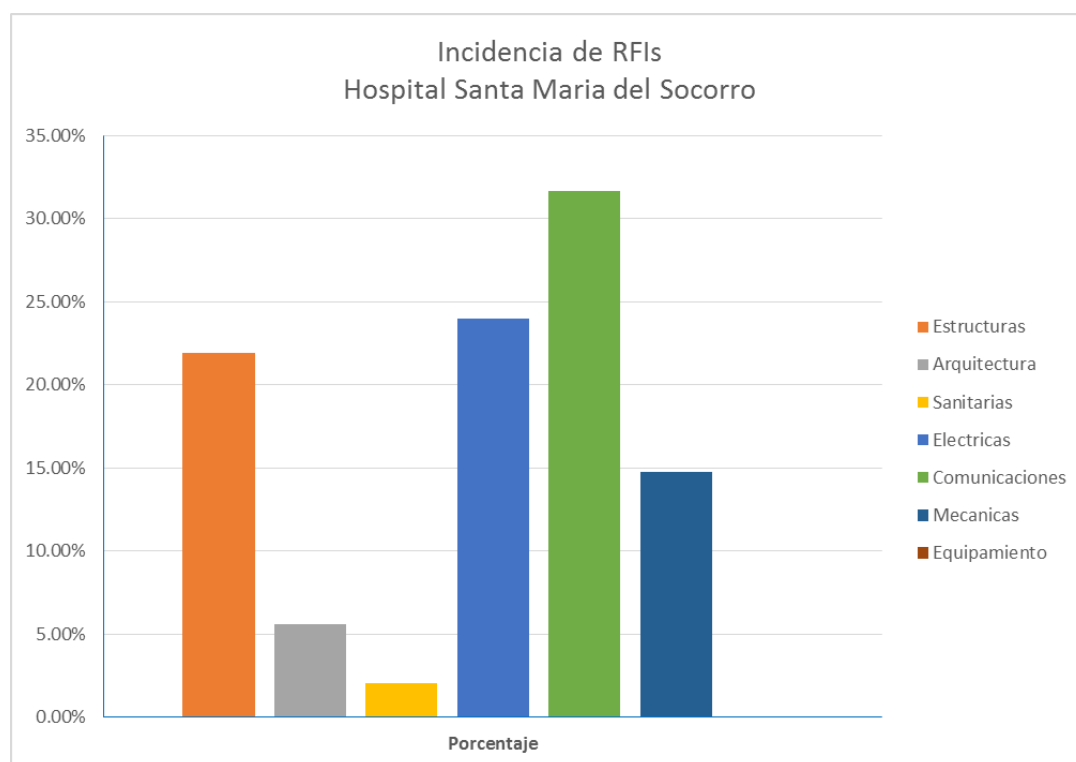


Figura 30. Incidencia RFIs Hospital Santa María. Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.2 Análisis del Plazo de Ejecución

Tabla 11.

Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Santa María del Socorro.

Descripción	Cantidad	%
Plazo Inicial de Ejecución de Obra	390	100%
Total Ampliación de Plazo	422	108%
TOTAL	812	208%

Nota: Elaboración propia

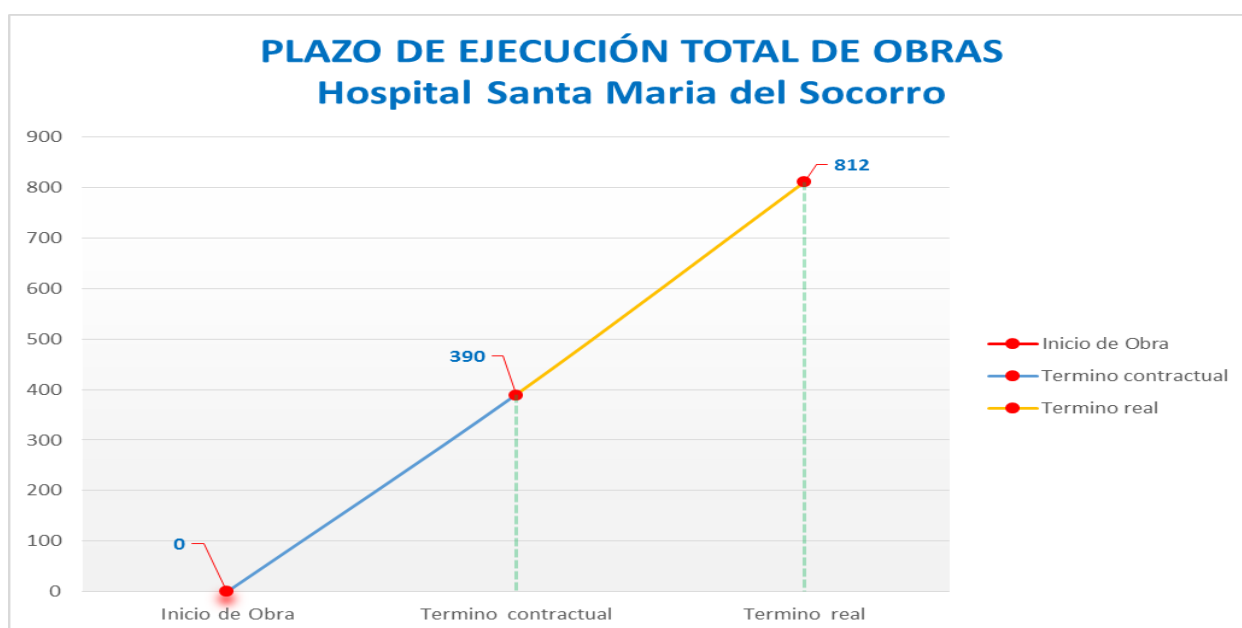


Figura 31. Plazo total de ejecución de obra Hospital Santa María. Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.3 Análisis del Presupuesto del Proyecto

Se genera un incremento en la inversión del 26.72%, respecto al Costo contractual

Tabla 12.

Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Santa María del Socorro.

Descripción	Costo (S/.)	%
Presupuesto contractual	38,670,863	100.00%
Adicional de Obra N°01	1,721,304	4.45%
Adicional de Obra N°02	27,655	0.07%
Adicional de Obra N°03	141,523	0.37%
Adicional de Obra N°04	122,348	0.32%
Adicional de Obra N°05	61,165	0.16%
Adicional de Obra N°06	466,673	1.21%
Adicional de Obra N°07	218,482	0.56%
Adicional de Obra N°08	598,510	1.55%
Adicional de Obra N°09	413,583	1.07%
Adicional de Obra N°10	764,319	1.98%
Adicional de Obra N°11	1,505,456	3.89%
Adicional de Obra N°12	3,199,748	8.27%
Adicional de Obra N°13	116,104	0.30%
Adicional de Obra N°14	761,402	1.97%
Adicional de Obra N°15	215,446	0.56%
Costo Total	S/. 49,004,582	126.72%

Nota: Elaboración propia

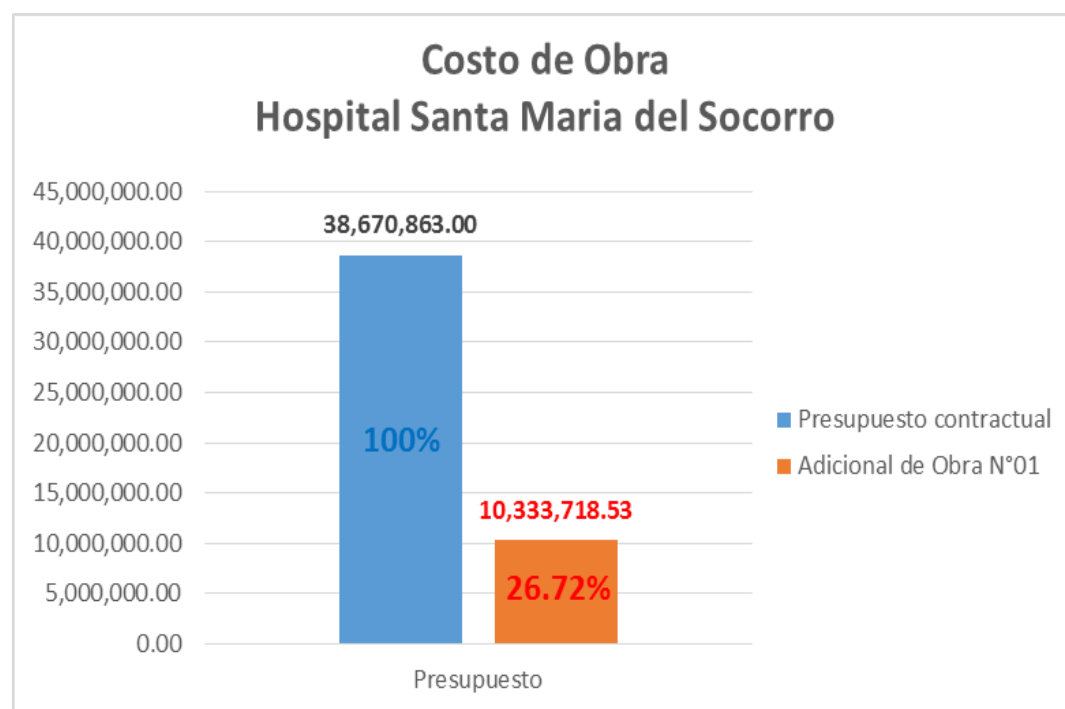


Figura 32. Costo Final de Obra Hospital Santa Maria. Fuente: Elaboración propia.

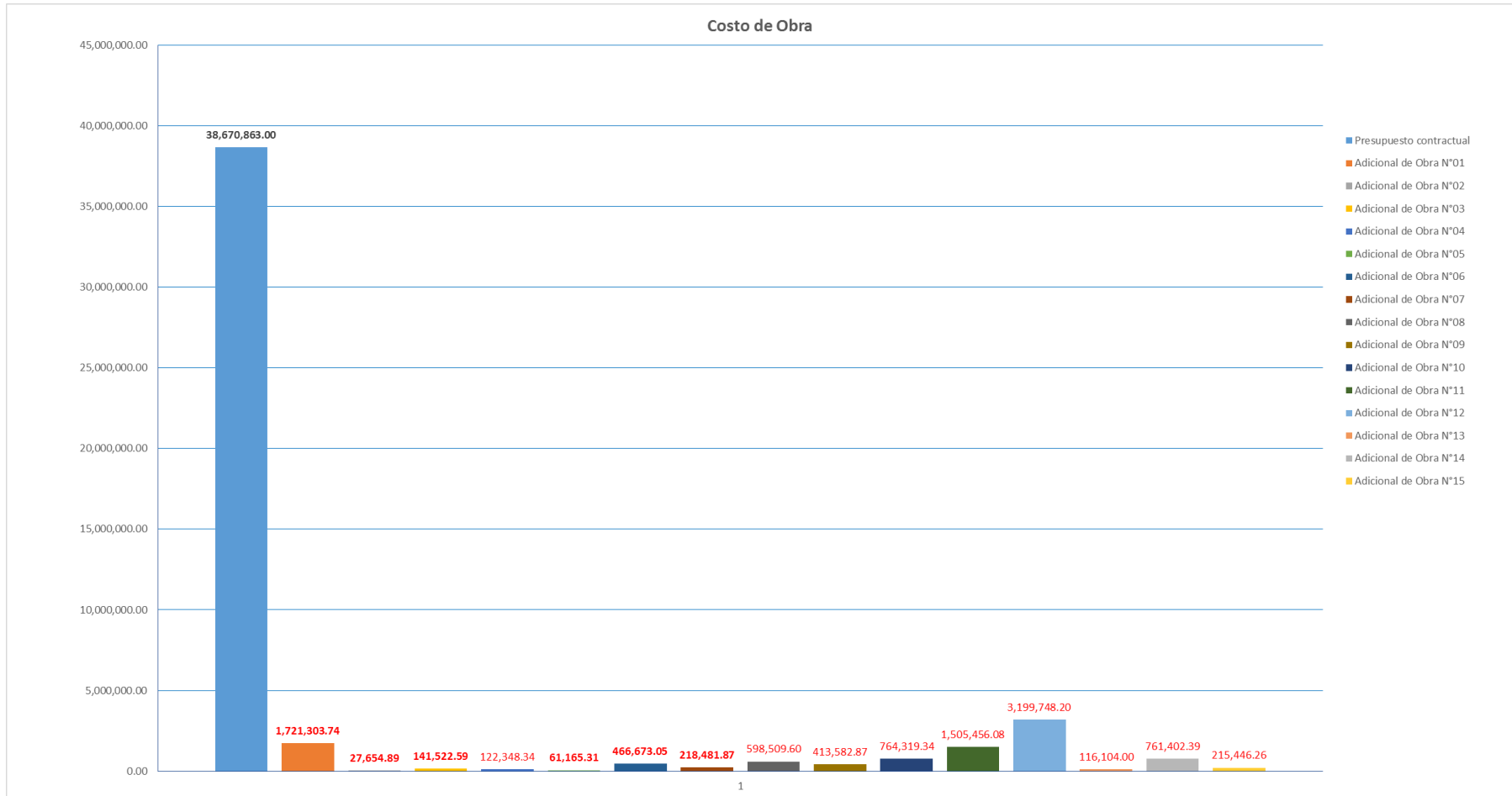


Figura 33. Costo Final de Obra desglosado Hospital Santa Maria. Fuente: Elaboración propia.

Comentarios:

- El Proyecto RECONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA Y MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD RESOLUTIVA DE LOS SERVICIOS DE SALUD DEL HOSPITAL SANTA MARIA DEL SOCORRO-ICA, tuvo 15 adicionales de obra cuya sumatoria representa el 26.72% de adicional al monto contratado.
- Del análisis de los RFIs (Request For Information) y el sustento de adicionales de la Ejecución del Proyecto podemos apreciar que las mayores incidencias de incompatibilidades se dan en las especialidades de Comunicaciones, Instalaciones Eléctricas, seguido de Estructuras Mecánicas.

4.1.5 Caso 005: Fortalecimiento de la Atención de los Servicios de Emergencia y Servicios Especializados Nuevo Hospital de Emergencias Villa el Salvador



Figura 34. Vista 3D Proyecto de Hospital de Emergencias Villa el Salvador. Fuente: <https://ves.org.pe/hospital-de-emergencias-villa-el-salvador/>

DATOS DE PROYECTO	
Proyecto	EQUIPAMIENTO ELECTROMECANICO Y EQUIPAMIENTO INFORMATICO EDL PIP: FORTALECIMIENTO DE LA ATENCION DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA Y SERVICIOS ESPECIALIZADOS NUEVO HOSPITAL DE EMERGENCIAS VILLA EL SALVADOR SNIP 58330
Contratista	: CONSORCIO HOSPITALARIO
Propietario	: MINISTERIO DE SALUD
Monto Ppto	: S/. 108,487,028.38
Modalidad	: SUMA ALZADA
Fecha Inicio	: 12 Abril del 2012
Plazo Ejecución Inicial	: 540 días calendario
Plazo Ejecución Final	: 1123 días calendario
Fecha Término contractual	: 04 Octubre del 2013
FECHA DE TÉRMINO DE LA OBRA REAL	: 10 de Mayo de 2015
Adicional de Obra	
Adicional de Obra N°01	: 198,019.14
Adicional de Obra N°02	: 124,927.53
Adicional de Obra N°03	: 234,224.70
Adicional de Obra N°04	: 162,846.99
Adicional de Obra N°05	: 108,928.97
Adicional de Obra N°06	: 82,282.82
Adicional de Obra N°07	: 42,841.18
Adicional de Obra N°08	: 453,428.81
Adicional de Obra N°09	: 263,270.96
Adicional de Obra N°10	: 120,130.73
Adicional de Obra N°11	: 50,669.19
Adicional de Obra N°12	: 14,242.80
Adicional de Obra N°13	: 43,027.09
Adicional de Obra N°14	: 45,747.35
Adicional de Obra N°15	: 50,236.56
Adicional de Obra N°16	: 217,391.95
Adicional de Obra N°17	: 411,170.90
Adicional de Obra N°18	: 24,469,001.54
Adicional de Obra N°19	: 360,739.03
Adicional de Obra N°20	: 7,648,686.78
Adicional de Obra N°21	: 4,548,406.87
Adicional de Obra N°22	: 1,065,639.05
Adicional de Obra N°23	: 1,353,638.50
Adicional de Obra N°24	: 975,948.09

Figura 35. Datos generales Proyecto de Hospital de Emergencias Villa el Salvador
Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.1 Análisis de RFIs

La mayor incidencia de RFIs (Request For Information) se da en las Especialidades de Comunicaciones, seguidas de Estructuras, Arquitectura e Instalaciones Eléctricas.

Tabla 13.

Incidencia porcentual de RFIs por especialidad en Hospital Villa el Salvador.

Especialidad	Porcentaje
Estructuras	7.14%
Arquitectura	3.55%
Sanitarias	0.24%
Eléctricas	1.07%
Comunicaciones	56.84%
Mecánicas	30.92%
Equipamiento	0.23%
	100.00%

Nota: Elaboración propia

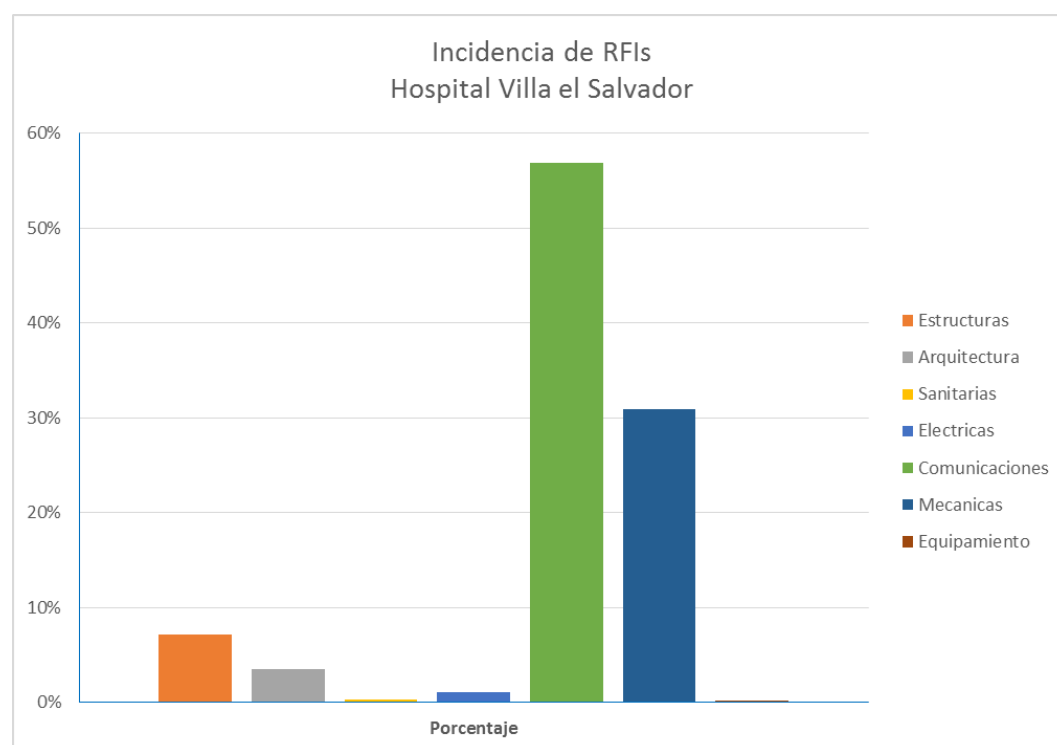


Figura 36. Incidencia RFIs Hospital Villa el Salvador. Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.2 Análisis del Plazo de Ejecución

Tabla 14.

Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Villa el Salvador.

Descripción	Cantidad	%
Plazo Inicial de Ejecución de Obra	540	100%
Total Ampliación de Plazo	583	108%
TOTAL	1123	208%

Nota: Elaboración propia

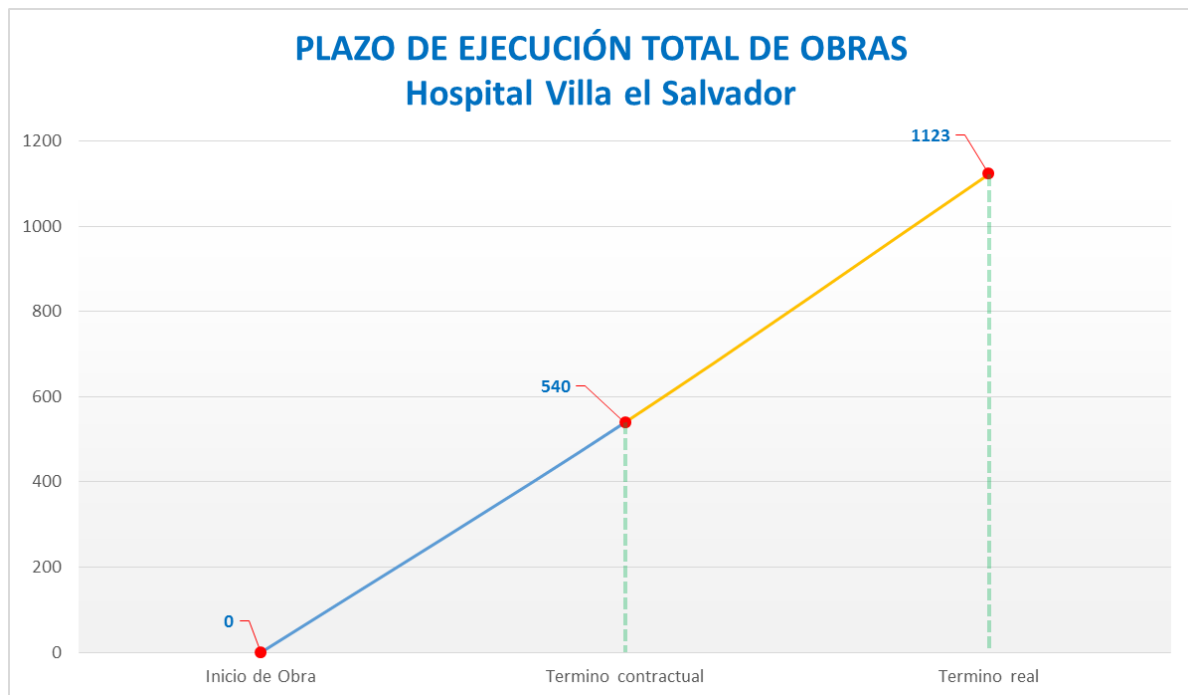


Figura 37. Plazo total de ejecución de obra Hospital Villa el Salvador. Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.3. Análisis del Presupuesto del Proyecto

Se genera un incremento en la inversión del 39.68%, respecto al Costo contractual

Tabla 15.

Incidencia de adicionales de plazo en Hospital Villa el Salvador.

Descripción	Costo (S/.)	%
Presupuesto contractual	108,487,028	100.00%
Adicional de Obra N°01	198,019	0.18%
Adicional de Obra N°02	124,928	0.12%
Adicional de Obra N°03	234,225	0.22%
Adicional de Obra N°04	162,847	0.15%
Adicional de Obra N°05	108,929	0.10%
Adicional de Obra N°06	82,283	0.08%
Adicional de Obra N°07	42,841	0.04%
Adicional de Obra N°08	453,429	0.42%
Adicional de Obra N°09	263,271	0.24%
Adicional de Obra N°10	120,131	0.11%
Adicional de Obra N°11	50,670	0.05%
Adicional de Obra N°12	14,243	0.01%
Adicional de Obra N°13	43,027	0.04%
Adicional de Obra N°14	45,747	0.04%
Adicional de Obra N°15	50,237	0.05%
Adicional de Obra N°16	217,392	0.20%
Adicional de Obra N°17	411,171	0.38%
Adicional de Obra N°18	24,469,002	22.55%
Adicional de Obra N°19	360,739	0.33%
Adicional de Obra N°20	7,648,687	7.05%
Adicional de Obra N°21	4,548,407	4.19%
Adicional de Obra N°22	1,065,639	0.98%
Adicional de Obra N°23	1,353,639	1.25%
Adicional de Obra N°24	975,948	0.90%
Costo Total	S/. 151,532,476	139.68%

Nota: Elaboración propia

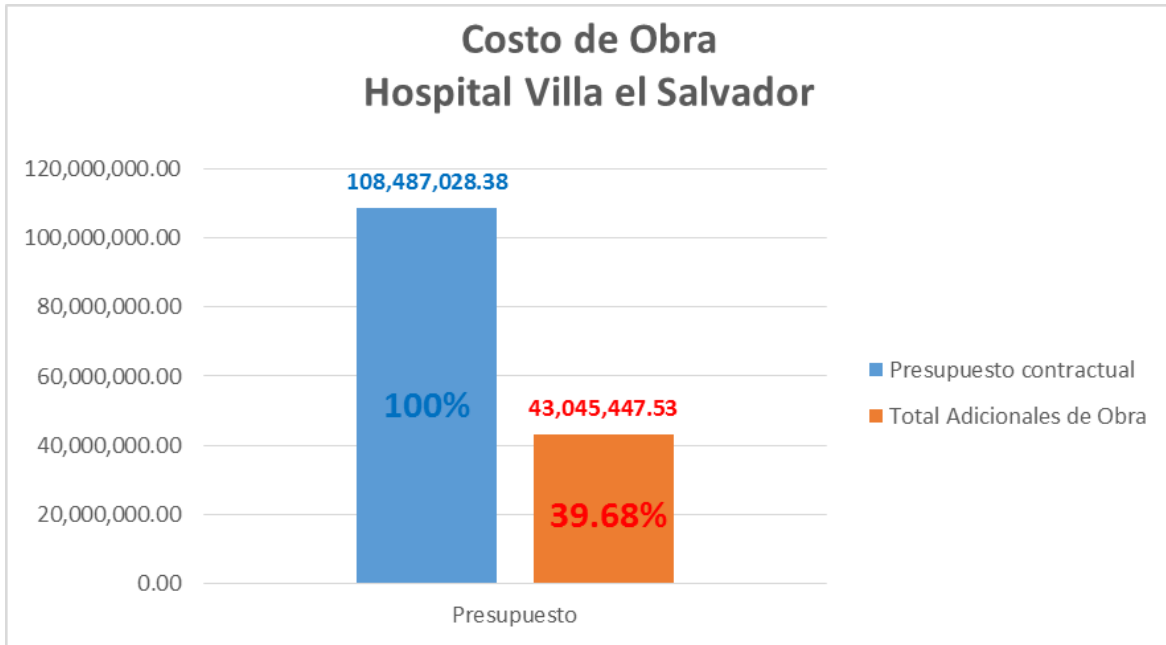


Figura 38. Presupuesto Final de Obra Hospital Villa el Salvador. Fuente: Elaboración propia.

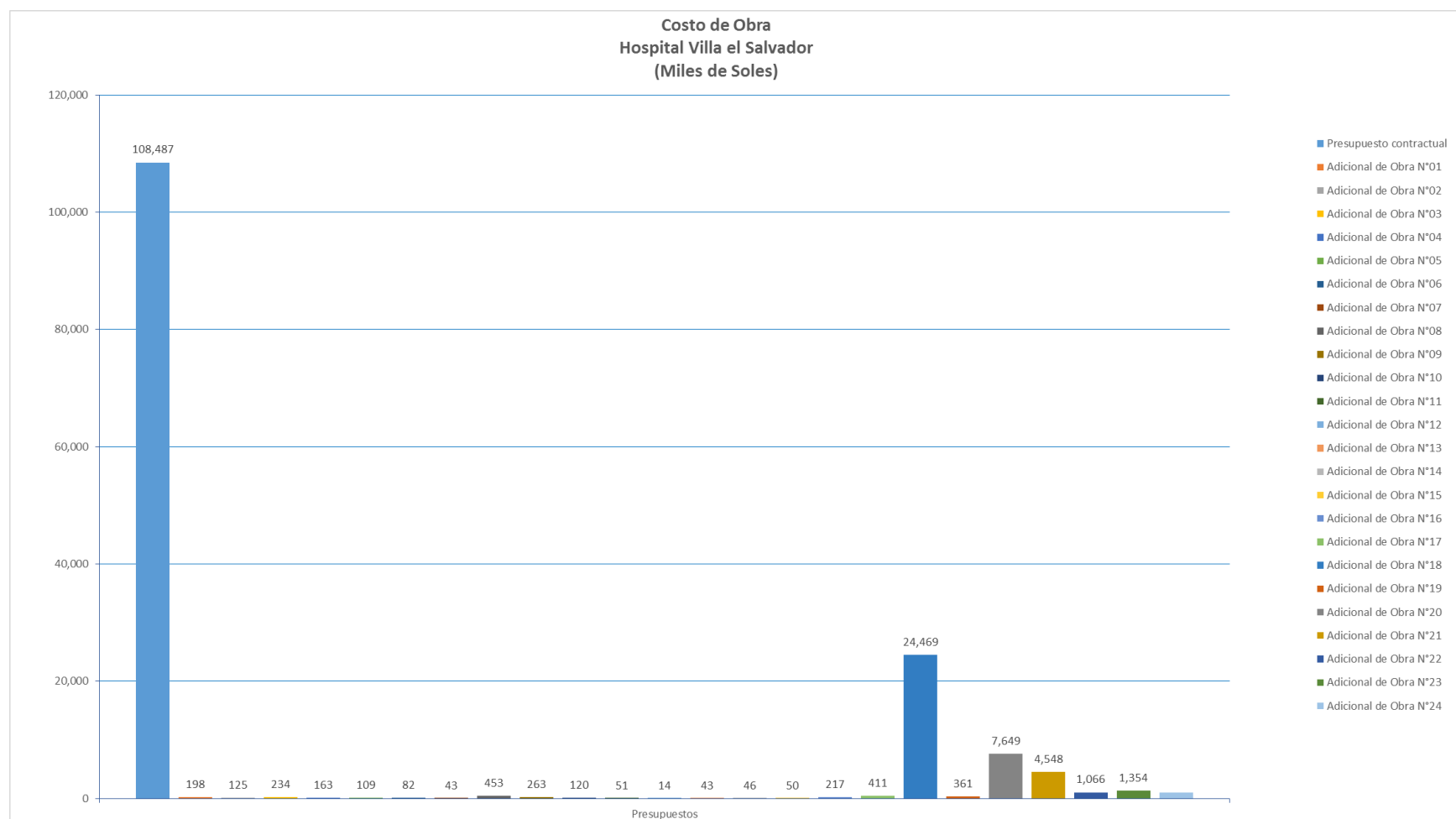


Figura 39. Costo Final de Obra desglosado Hospital Villa el Salvador. Fuente: Elaboración propia.

Comentarios:

- El Proyecto FORTALECIMIENTO DE LA ATENCION DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA Y SERVICIOS ESPECIALIZADOS NUEVO HOSPITAL DE EMERGENCIAS VILLA EL SALVADOR, tuvo 24 adicionales de obra cuya sumatoria representa el 39.68% de adicional al monto contratado.
- Del análisis de los RFIs (Request For Information) y el sustento de adicionales de la Ejecución del Proyecto podemos apreciar que las mayores incidencias de incompatibilidades se dan en las especialidades de Comunicaciones, Instalaciones Eléctricas, seguido de Estructuras Mecánicas.

4.2 Determinación de principales Problemas-Inconvenientes durante su desarrollo.

4.2.1 De los RFIs:

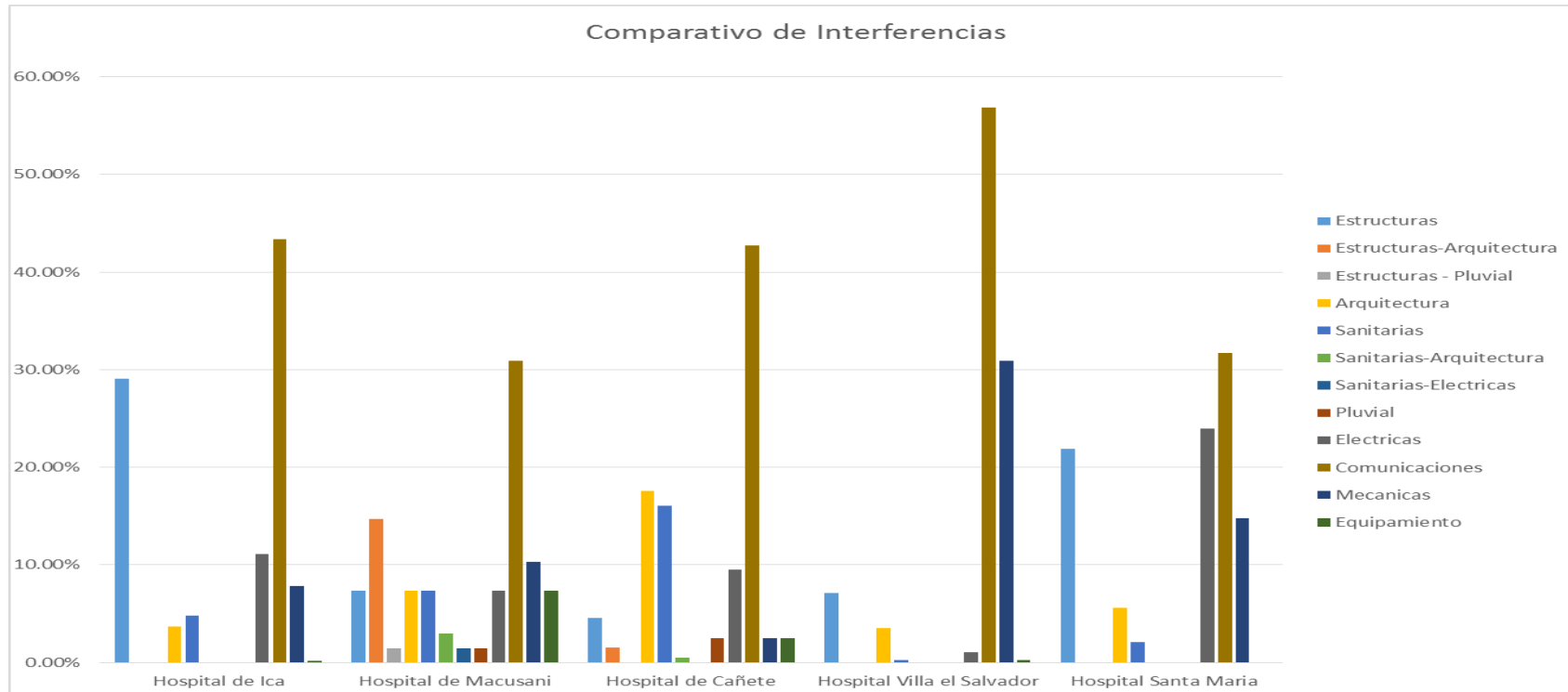


Figura 40. Comparativo Incidencia RFIs en Hospitales de estudio. Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica, tenemos que del análisis de los RFIs (Request For Information) de los hospitales existe la coincidencia en el gran número de interferencias en la especialidad de Comunicaciones.

4.2.2 Del presupuesto:

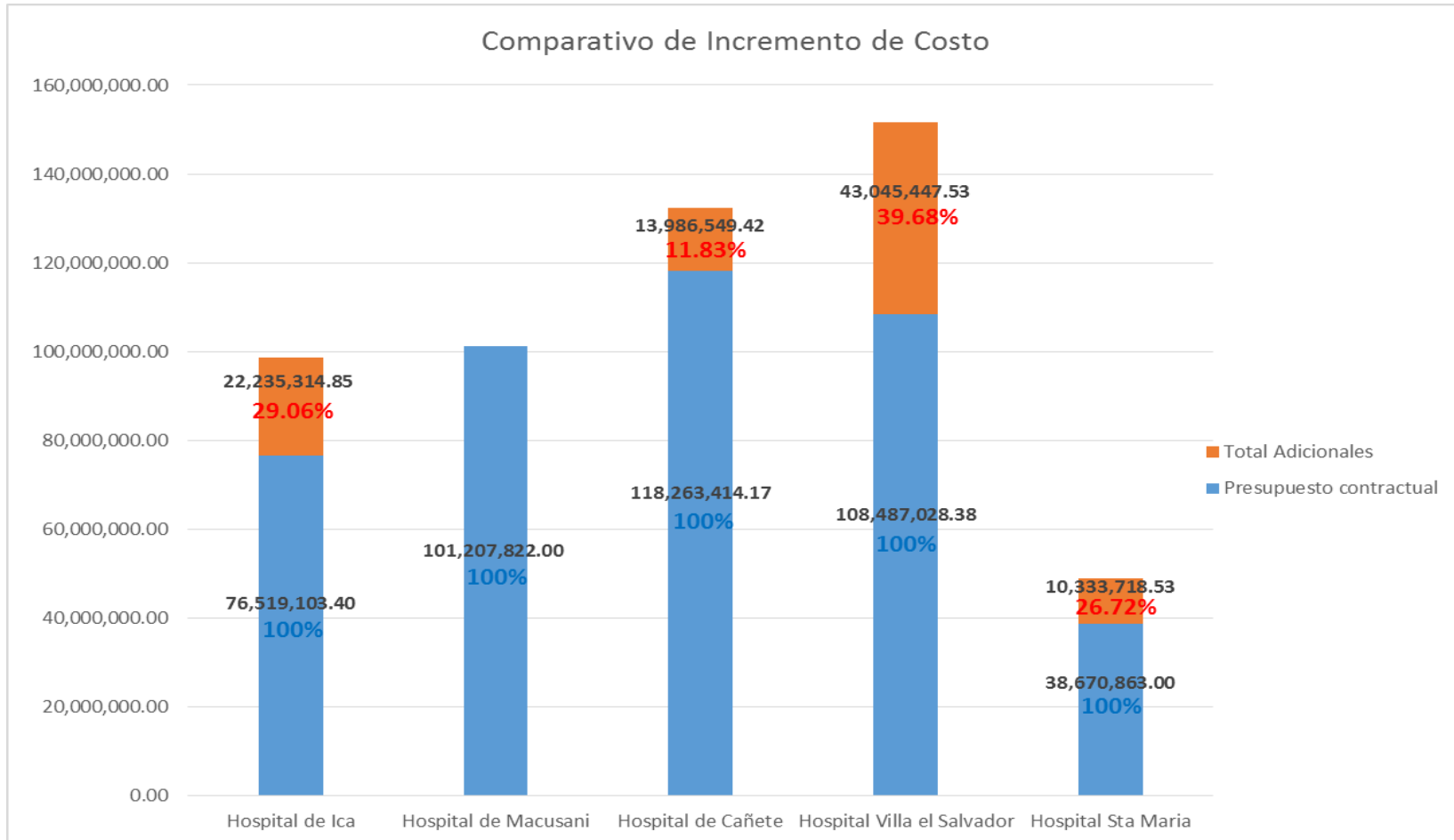


Figura 41. Comparativo Costo Final de Obra Hospitales de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16.

Cuadro de incremento del costo en proyectos hospitalarios desde la etapa del Perfil hasta la Etapa de Construcción.

PROYECTO HOSPITALARIO	MONTO PERFIL	MONTO EXP. TEC. APROB	MONTO TOTAL CONSTRUCCION	INCREMENTO TOTAL	% INCREMENTO TOTAL
Construcción y Equipamiento del Hospital Regional en la Provincia de Cañete, Meta II	111,569,258	118,253,424	132,239,973	20,670,715	19%
Fortalecimiento del Capacidad Resolutiva de los Servicios de Salud del Hospital Regional de Ica	65,590,559	76,519,103	98,754,417	33,163,858	51%
Reconstrucción de la infraestructura y Mejoramiento de la Capacidad Resolutiva de los Servicios de Salud del Hospital Santa María del Socorro-Ica	70,363,218	76,519,103	86,852,821	16,489,603	23%

Nota: Elaboración propia

De la Tabla 16., se evidencia el desfase entre los perfiles aprobados frente al costo final de ejecución del Proyecto. Gran parte de las razones que dan origen a estos incrementos es un Expediente Técnico deficiente, el cual no brinda información completa para la etapa de Construcción generando incremento en costo y plazo.

Con el uso de herramientas BIM (Building Information Modeling) se busca reducir considerablemente estos desfases desde una etapa temprana hasta la culminación de la obra, pudiendo en estos casos el estado realizar una adecuada planificación del presupuesto que asigna a proyectos hospitalarios.

4.2.3 Del plazo:

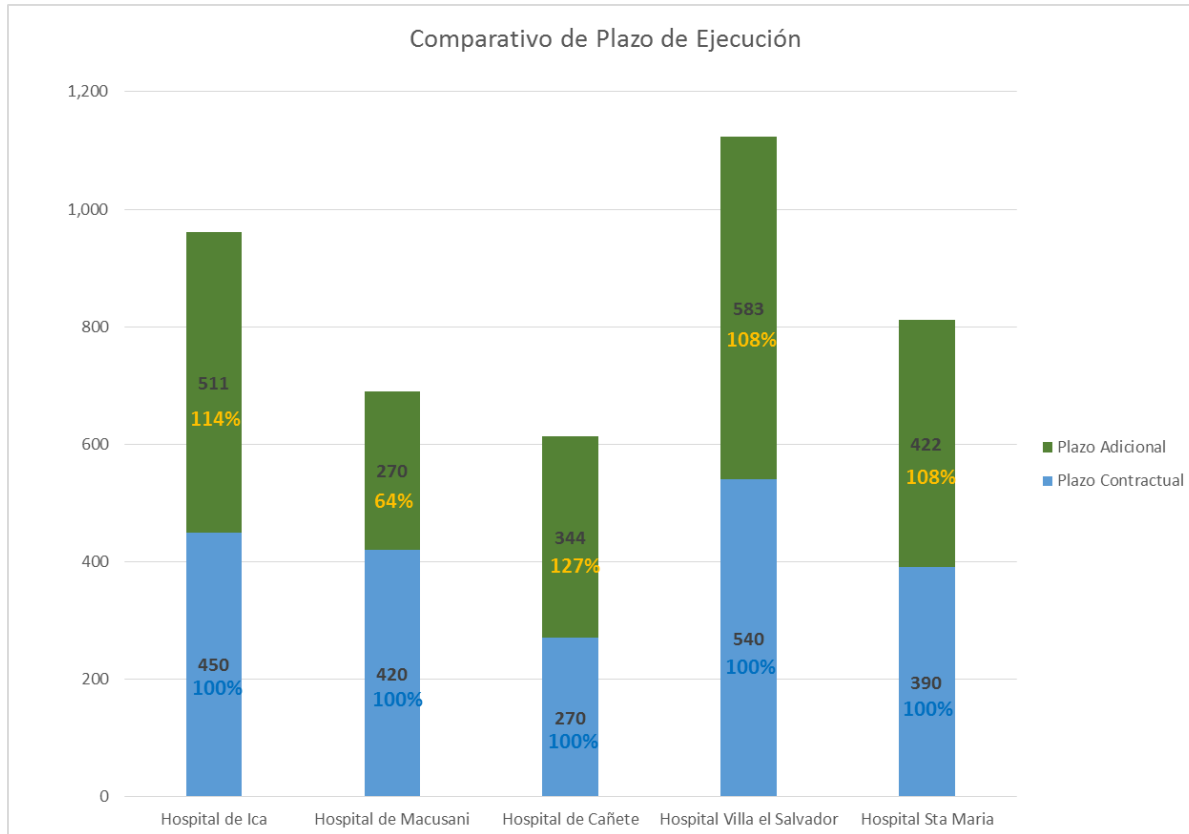


Figura 42. Comparativo Plazo total de ejecución de obra. Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 42. Tenemos que en 4 de los 5 casos, el incremento se plazo es mayor al 100% del tiempo inicialmente proyectado. Esto como consecuencia incrementos en costos directos e indirectos del proyecto, al margen del costo social que esto representa para la población.

4.2.4 De las causas:

En base al análisis previo, elaboramos el siguiente gráfico de resumen.

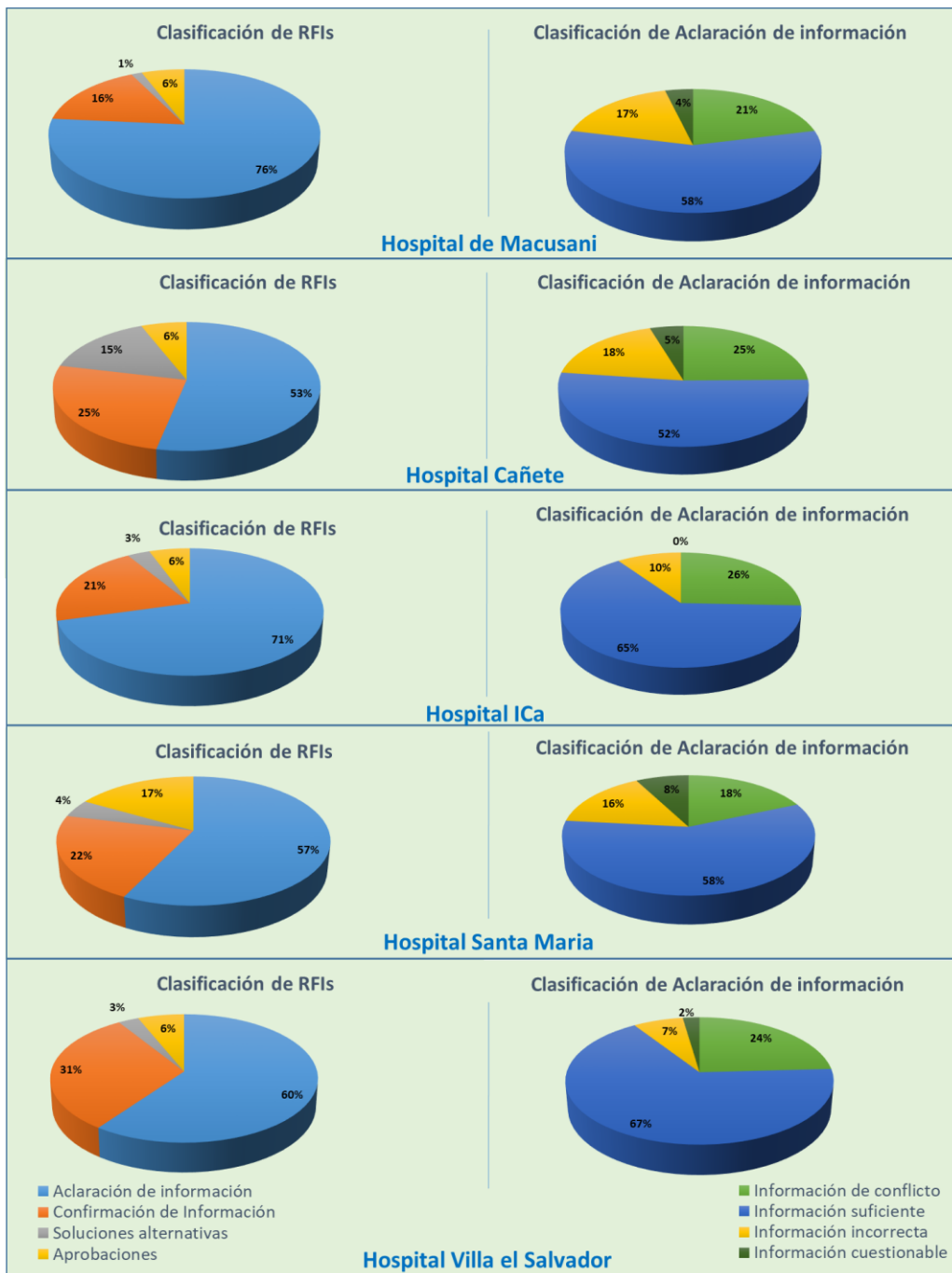


Figura 43. Clasificación de causas de RFIs por Hospitales. Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 Conclusiones

Los 05 Hospitales analizados ya han sido ejecutados, todos bajo la modalidad de Suma Alzada, salvo el ejecutado en Puno, que es bajo modalidad de Obra por Impuestos.

El estado tiene sus reglas y normatividad para cada tipo de obra y el correspondiente proceso de adjudicación y ejecución, por lo que podríamos decir que en la documentación final de liquidación de obra de cada Hospital, podría no necesariamente representar el total de trabajos extras que se ejecutaron y que por la modalidad de contratación tuvieron que ser asumidos por el contratista.

La cantidad de modificaciones y/u omisiones reflejan, que el proyecto ha sido mal administrado desde un principio; el monto de elaboración de expediente técnico de obra, los plazos, equipamiento, muchas veces han sido planteados como hitos por técnicos cuya especialidad no necesariamente es el diseño y construcción de Centros Hospitalarios.

A lo largo de presente documento, se ha remarcado, que tanto el diseño como construcción de infraestructura hospitalaria son proyectos complejos; por la cantidad de participantes, por los tiempos planteados, por costos, remarcando la exquisitez de sus instalaciones, equipamiento y las normas vigentes que rigen en el Perú su diseño y construcción.

Debido a la complejidad de sus instalaciones, cualquier modificación u omisión termina afectando o generando modificaciones en otras especialidades con el consiguiente costo que implica.

De la Figura 40., concluimos que la gran cantidad de RFIs (Request For Information), indican claramente que el proyecto no ha sido desarrollado correctamente desde su etapa inicial y en la ejecución del mismo. Indicaría también que no hubo la correcta y oportuna coordinación entre los diferentes especialistas que participan en la elaboración de la propuesta. Desafortunadamente en los casos analizados, esta falta de coordinación o de

detalles trae como consecuencia un incremento sustantivo en tiempos que se deben de emplear para atenderlos, aclaraciones que se deben de hacer durante la ejecución de los trabajos, generando estos a su vez tiempos que las empresas constructoras reclaman como adicionales.

De la Figura 42., concluimos que el incremento de plazo en 4 de los 5 casos analizados excede el 100% del tiempo inicialmente planificado y contractual para la ejecución de toda la obra. Es importante indicar que cada solicitud de ampliación de plazo es consecuencia de que la información no está debidamente clara en los expedientes técnicos y por tanto no se presume transparencia en la misma, lo que lleva muchas veces al extremo de llegar a litigios, donde no solo los tiempos se prolongan más, debiéndose paralizar muchas veces la obra, o con el riesgo que el estado pierda estos litigios.

Todo retraso en la ejecución de obra, implica un mayor consumo de recursos, no solo de contratistas, sino también de la supervisión en consecuencia incrementa los costos, no cumpliéndose con los gastos proyectados y aprobados por las entidades correspondientes.

De la Figura 41., respecto al incremento de costos, en promedio se aprecia un incremento alrededor del 25%. Este porcentaje de incremento es alto teniendo en cuenta que cada proyecto hospitalario de esta magnitud significa como mínimo una inversión superior a los 35 millones de soles.

4.3 Análisis y modelado del Hospital de San Miguel, Ayacucho, Perú

El último caso de estudio se hará a mayor detalle, describiendo las condiciones en que se desarrolló desde sus etapas más tempranas, así como las dificultades que se afrontaron en su desarrollo, para mostrar un contexto común en el que se dan este tipo de proyectos.

Asimismo, dado que en este proyecto participaron los tesisistas, se dispone de mayor información para su análisis más detallado, en relación a la aplicabilidad del BIM (Building Information Modeling) para mejorar la Constructabilidad de un hospital de esta envergadura,

para lo cual se desarrolla el modelado de diversas especialidades para, en base a los hallazgos y oportunidades de mejora identificados en el proceso, definir el Plan de Implementación BIM (Building Information Modeling), motivo del presente trabajo de investigación.



Proyecto	MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD RESOLUTIVA DEL : HOSPITAL SAN MIGUEL, SEGUNDO NIVEL DE ATENCIÓN, LA MAR – AYACUCHO-SNIP N° 260531
Contratista	: CONSORCIO SAN FRANCISCO
Propietario	: MINISTERIO DE SALUD
Monto Ppto	: S/. 80,019,605.20

Figura 44. Datos Hospital San Miguel – La Mar – Ayacucho. Fuente: Elaboración propia.

4.3.1 Antecedentes

- **Primer etapa:**

La Entidad, llámese Municipalidad, prepara con sus técnicos una propuesta-perfil en donde muchas veces, obedeciendo más a razones políticas elevaron al MEF (Ministerio de Economía y Finanzas) su propuesta.

Esta propuesta, considera ubicación, características, necesidades, monto referencial de contratación para Elaboración de Expediente Técnico y Presupuesto de obra. Asimismo, ya se indican plazos de ejecución para cada para parte del proceso a llevar.

Esta primera imagen de lo que vendría a ser un proyecto Hospitalario, no necesariamente cuenta con el apoyo en sus inicios con profesionales competentes y de las diferentes especialidades que participarían en el desarrollo y ejecución del mismo.

Es importante indicar, que esta primera propuesta, no se han considerado en su totalidad y con detalle las Normas de Centros Hospitalarios vigentes en ese momento, sino que se trata de una propuesta económica-política lo que se podría llamar como el punto de inicio o cero de un proyecto hospitalario.

En la misma ya se proponen ambientes, áreas, que corresponderían a la categoría del centro hospitalario, categoría otorgada por el Ministerio de Salud, entre otros.

TAMAÑO:

El Programa Médico Arquitectónico (PMA) propuesta para el nuevo HOSPITAL II-1 SAN MIGUEL es de 7,649.85 m²

TABLA 2: RESUMEN DEL PROGRAMA ARQUITECTONICO HOSPITAL SAN MIGUEL

N°	AREAS DEL PROGRAMA ARQUITECTONICO DEL HOSPITAL II-1 SAN MIGUEL	AREA (M2)
1.0	DIRECCION - ADMINISTRACION	518.25
2.0	CONSULTA EXTERNA	838.63
3.0	MODULO TBC	74.75
4.0	FARMACIA	306.80
5.0	PATOLOGIA CLINICA	471.64
6.0	HEMOTERAPIA Y BANCO DE SANGRE TIPO I	
7.0	SERVICIO DE DIAGNOSTICO POR IMAGEN	263.12
8.0	SERVICIO DE ANATOMIA PATOLOGICA	28.00
9.0	SERVICIO DE MEDICINA FISICA Y REHABILITACION	352.38
10.0	EMERGENCIA GENERAL	565.60
11.0	HOSPITALIZACION GENERAL 23 camas	640.36
12.0	CENTRO OBSTETRICO	371.56
13.0	CENTRO QUIRURGICO	319.48
14.0	CENTRAL DE ESTERILIZACION Y EQUIPOS	219.38
15.0	CONFORT MEDICO	282.50
16.0	CASA MATERNA	91.25
17.0	NUTRICION Y DIETETICA	254.80
18.0	LAVANDERIA Y ROPERIA	166.25
19.0	VESTUARIO Y SS.HH. DEL PERSONAL	120.00
20.0	SERVICIOS DE MANTENIMIENTO	148.20
21.0	ALMACENES GENERALES	174.20
22.0	SERVICIOS GENERALES	428.40
23.0	SEGURIDAD	22.50
	AREA TOTAL DE LAS UNIDADES PRODUCTORAS DE SERVICIOS m2	6,652.05
	AREA DE CIRCULACION VERTICAL HALL, ESCALERAS Y ASCENSORES (10% DEL AREA TOTAL DE LAS UNIDADES)	665.20
	AREA DE REFUGIO (2% DEL AREA TOTAL DE LAS UNIDADES)	133.04
	AREA DE ALEROS TECHADOS DE LAS EDIFICACIONES (3% DEL AREATOTAL DE LAS UNIDADES)	199.56
	AREA TOTAL DEL HOSPITAL	7,649.85

Figura 45. Cuadro de áreas de hospital. Fuente: Elaboración propia.

El Expediente de Pre factibilidad, concluye en presupuesto general recomendando 1 o más acciones al MEF (Ministerio de Economía y Finanzas) u entidad competente.

Presupuesto de Inversión del Proyecto

El resumen del presupuesto de inversión del proyecto, en sus dos alternativas se muestra en la siguiente tabla:

RUBROS	ALTERNATIVA 01 S/.	ALTERNATIVA 02 S/.
COSTO DE LOS COMPONENTES	60,064,278.65	63,863,698.90
COMPONENTE: BUENA INFRAESTRUCTURA FISICA CONSTRUIDA	44,077,088.25	47,876,508.50
Acción: Demolición de la infraestructura existente y construcción nueva del Hospital	36,606,395.33	39,761,846.04
GASTOS GENERALES + UTILIDAD	7,470,692.92	8,114,662.46
COMPONENTE: SUFICIENTE EQUIPAMIENTO HOSPITALARIO IMPLEMENTADO	15,343,883.60	15,343,883.60
Acción: Adquisición de equipamiento hospitalario	15,343,883.60	15,343,883.60
COMPONENTE: SUFICIENTE RECURSO HUMANO CAPACITADO	249,269.40	249,269.40
Acción: Capacitación del personal asistencial	144,669.40	144,669.40
Acción: Programa de actualización en gestión para el personal directivo y administrativo.	104,600.00	104,600.00
COMPONENTE: ADECUADOS SERVICIOS DEL ESTABLECIMIENTO (Programas de Mantenimiento)	326,671.20	326,671.20
Acción: Elaboración del programa de mantenimiento de infraestructura	213,532.80	213,532.80
Acción: Elaboración del programa de mantenimiento preventivo y correctivo de equipamiento.	113,138.40	113,138.40
COMPONENTE: ADECUADA PROMOCIÓN DE LOS SERVICIOS y sensibilización	67,366.20	67,366.20
Acción: Programa de promoción (difusión) de la cartera de servicios del establecimiento.	67,366.20	67,366.20
PLAN DE MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y RIESGO	165,500.00	165,500.00
EXPEDIENTE TÉCNICO CONTINGENCIA	168,181.86	168,181.86
EXPEDIENTE TÉCNICO	1,285,669.00	1,285,669.00
SUPERVISIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO	220,789.80	220,789.80
SUPERVISIÓN DE OBRA	2,195,437.20	2,195,437.20
PLAN DE CONTINGENCIA	2,587,571.87	2,587,571.87
TOTAL INVERSIÓN	66,687,428.39	70,486,848.63

Figura 46. Presupuestos de Alternativas del PIP. Fuente: Elaboración Equipo Consultor.

Factibilidad-viabilidad perfil inversión

El MEF (Ministerio de Economía y Finanzas), recibe el documento en mención para su evaluación. Esta evaluación principalmente se da desde la óptica económica.

El mismo es evaluado por técnicos, en su mayoría son economistas, sociólogos, etc.

No se cuenta en el staff o se recurre a opinión de expertos en el diseño de Centros hospitalarios.

Como es de conocimiento, el MEF (Ministerio de Economía y Finanzas), hace una proyección de gastos de inversión correspondientes al sector declarándolo viable o no.

En el mejor de los casos, al ser declarado viable el proyecto. Este, con unas características y presupuesto específico deberá esperar hasta por lo menos el año siguiente para su puesta en ejecución. En ésta se valida también, bajo que modalidad y según lo propuesto en el Perfil de Pre-factibilidad se desarrollara el proyecto. Se asigna un código de referencia al Proyecto. En el caso de nuestros ejemplos se asignó el código SNIP (Sistema Nacional de Inversión Pública).

Tiempo aproximado en preparar y aprobar el Expediente de factibilidad, 6 meses/ año.

- **Segunda etapa:**

- **Gobierno local-entidad que propuso el proyecto**

El gobierno Local/Regional a través de las oficinas competentes, son los encargados de preparar los TDR (Términos de Referencia) para la contratación de la empresa consultora que se encargara de la Elaboración del expediente Técnico.

Así mismo, se encargarán del proceso de Convocatoria.

En los TDR (Términos de Referencia) se especifican las metas cuantificadas del proyecto, teniendo como marco el presupuesto previamente asignado por el MEF (Ministerio de Economía y Finanzas). En estos TDR (Términos de Referencia) se determinan las características de la empresa que se contratara y la cantidad y cualidad de los profesionales que deben de participar.

Se determinan los formatos de presentación, los tiempos, y costos estimados, por ejemplo se determinan las características de los planos, información mínima del proyecto, metrados, materiales, etc.

Asimismo, se refiere a los estudios básicos y complementarios. En este escenario, se identificaron 02 frecuentes inconvenientes:

Plazos de ejecución del expediente técnico, muchas veces con plazos de 30-60-60 días para el desarrollo de todo. Incluyendo estudios de impacto ambiental, factibilidades, etc

Estos plazos muchas veces no consideran coordinaciones- aprobaciones de parte de MINSA (Ministerio de Salud). Gestiones que toman tiempos extraordinarios. Pues los profesionales de MINSA (Ministerio de Salud) no participan en el desarrollo del proyecto conjuntamente con la Supervisión.

Desactualización de las condiciones del proyecto de acuerdo a Nueva Normatividad. Esto obliga muchas veces a mayores áreas y en consecuencia mayor costo.

La ambigüedad de la cualificación de los profesionales participantes, muchas veces se refleja en el producto final. A pesar que es un proyecto complejo no se considera como requisito reuniones obligadas de coordinación entre las especialidades.

La falta de transparencia, requerimientos en tiempos y condiciones razonables, trae consigo que el proyecto sufra variaciones, alterándose muchas veces el producto final.

- **Tercera etapa:**

- Elaboración De Expediente Técnico**

- Muchas veces la propuesta ganadora, la empresa a quien se le otorga la buena pro, obtiene el trabajo ofreciendo precios rebajados que pudieran afectar la calidad del producto.

- Los profesionales participantes trabajan en forma independiente, preparando sus respectivos productos sin las coordinaciones simultáneas que la característica del proyecto hospitalario lo amerita.

- Esto trae consigo que las eventuales reuniones de coordinación, muy esporádicas, representen muchas veces retroceso en el proceso de elaboración del proyecto, pues luego de elaborar propuestas al momento de confrontar con las especialidades se determinan modificaciones necesarias, esto conlleva re-trabajos. Importante acotar, que al no ser requisito en los TDR (Términos de Referencia) implementar o desarrollar en 3D el proyecto,

esto se deberá visualizar solo en 2D con el riesgo de no contener la información necesaria y precisa que se verá reflejado al momento de ejecución de obra.

Los detalles constructivos a pesar de su importancia no son desarrollados adecuadamente muchas veces insuficiente o deficiente la información para los procesos constructivos.

Los metrados, relación de materiales, plazos se pueden y deben hacer por los métodos tradicionales, y con las limitaciones que este método implica.

La aparición de nuevos requerimientos, por omisión o por nueva normatividad respecto a las metas iniciales trae consigo incremento en presupuesto final de obra. Muchas veces estos incrementos lo plantean para que se “viabilice” el proyecto quitando o reduciendo partes consideradas “no importantes” o equipamiento, para no exceder los porcentajes de tolerancia en incremento presupuestal. Caso contrario como muchas veces ha sucedido deberá solicitar, Justificar el incremento ante las entidades competentes con el tiempo que implica esta gestión.

La decisión de eliminar componentes en la etapa de elaboración del proyecto, al final tendrá repercusión al momento de ejecución y está en operatividad del Centro de salud.

Las reuniones con la supervisión, al igual obedecen a cronogramas que tímidamente se planifican, debido a la complejidad de este tipo de proyectos, y las limitaciones de la información debido a la forma de presentación.

Respecto a los estudios básicos, factibilidades, aprobaciones de estudios como el de Impacto ambiental.

Debido a la complejidad y tiempo que toman en aprobar estos estudios, las gestiones e inician con el anteproyecto arquitectónico.

Dentro de los TDR (Términos de Referencia), no contemplan tiempos reales. Se depende de la voluntad o disponibilidad del funcionario encargado de cada entidad para las aprobaciones respectivas. Como resultado muchas veces, habiendo terminado con el

Expediente las aprobaciones de los estudios básicos no han sido aprobadas lo que ocasiona retrasos en las entregas del producto final.

La revisión tan importante en este tipo de proyectos por parte de la supervisión, también muchas veces necesita mayor tiempo del estipulado en los TDR (Términos de Referencia), por lo que muchas veces por la prisa, este trabajo presenta omisiones.

El expediente Técnico fue desarrollado por el equipo contratado por el Consorcio, compuesto por personal de cada especialidad, teniendo la particularidad del desarrollo de cada especialidad en una ubicación distinta, llevándose a cabo la comunicación y coordinación entre especialistas de manera virtual, y en contadas ocasiones de manera presencial.

A esto se suma que el personal encargado del desarrollo de la especialidad de Arquitectura, planteó el uso de modelado en software de Autodesk, usando algunas de las funciones BIM (Building Information Modeling), únicamente para modelado geométrico de estructuras y arquitectura, creando una brecha con los demás especialistas, que usaron la metodología convencional (CAD, Computer-Aided Design).

Tabla 17.
Presupuesto del Equipo Técnico utilizado para el Proyecto con metodología convencional (CAD).

Item	Descripción	Cantidad (meses)	Costo S/.	PARCIAL
Participantes del Proyecto				245,000
	ARQ JEFE PROYECTO	4	15,000	60,000
	COORDINADOR GENERAL	4	10,000	40,000
Estudios Basicos				
	TOPOGRAFIA			35,000
	ESTUDIO DE SUELOS			30,000
	SEGURIDAD			20,000
	ESTUDIOS CAPACITACIONES			20,000
	ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL			40,000
1	Especialidad 01: Estructuras:			80,000
	ING ESTRUCTURAL	4	8,000	32,000
	ING ESTRUCTURAL ASIST.	4	6,000	24,000
	ESTRUCTURAS DIB	4	3,000	12,000
	ESTRUCTURAS DIB	4	3,000	12,000
2	Especialidad 02: Arquitectura:			128,000
	ARQ ESPECIALISTA	4	10,000	40,000
	ARQ PROYECTISTA 01	4	5,000	20,000
	ARQ PROYECTISTA 02	4	5,000	20,000
	ARQ DIBUJO CAD	4	3,000	12,000
	ARQ DIBUJO CAD	4	3,000	12,000
	ARQ DIBUJO CAD	4	3,000	12,000
	ARQ DIBUJO CAD	4	3,000	12,000
3	Especialidad 03: Instalaciones Sanitarias:			49,000
	ING SANITARIO	4	6,250	25,000
	DIBUJO CAD	4	3,000	12,000
	DIBUJO CAD	4	3,000	12,000
4	Especialidad 04: Instalaciones Eléctricas:			67,600
	ING ELECTRICSTA	4	5,900	23,600
	CABLEADO ESTRCUTURADO	4	5,000	20,000
	DIBUJO CAD	4	3,000	12,000
	DIBUJO CAD	4	3,000	12,000
5	Especialidad 05: Instalaciones Mecánicas:			49,000
	ING ELECTRO MECANICO	4	6,250	25,000
	DIBUJO CAD	4	3,000	12,000
	DIBUJO CAD	4	3,000	12,000
6	Especialidad 06: Equipamiento Hospitalario:			33,000
	EQUIPAMIENTO	4	6,000	24,000
	DIBUJO CAD	4	2,250	9,000
7	Especialidad 07: Metrados y Presupuesto:			68,000
	PRESUPUESTO	4	8,000	32,000
	PRESUPUESTO MET	4	3,000	12,000
	PRESUPUESTO MET	4	3,000	12,000
	PRESUPUESTO MET	4	3,000	12,000
TOTAL				719,600
AREA PROYECTO		10,000	m2	S/ 72

Proyecto en CAD

72 x m2

Nota: Elaboración propia

Tabla 18.
Incremento de costo de proyectos hospitalarios desde la etapa de perfil hasta la etapa de Expediente Técnico.

HOSPITAL	MONTO PERFIL	MONTO EXP. TEC. APROB	TOTAL INCREMENTO	% INCREMENTO
HOSPITAL SAN MIGUEL	66,687,428	80,019,605	13,332,177	20%
HOSPITAL CORACORA	66,248,380	83,484,944	17,236,564	26%
HOSPITAL SAN FRANCISCO	63,226,495	91,316,229	28,089,734	44%
HOSPITAL CANGALLO	48,059,240	66,169,567	18,110,327	38%

Nota: Elaboración propia

De la Tabla 18, se evidencia el incremento mayor al 20% del costo en el Expediente Técnico frente al costo proyectado en el perfil, estos expedientes técnicos se realizaron con la metodología clásica que en base a los casos de construcción referidos en este documento (Caso 001, 002, 003,004 y 005), se espera incrementos del 10 al 15% en la ejecución de la obra.

En estas circunstancias, se desarrolló a cabo el Expediente. Al no haberse llevado a cabo aún la obra, no se tiene certeza de cómo afectará este método de trabajo en la eficiencia del proceso de ejecución de obra. Sin embargo, al hacer el modelado parcial de algunas especialidades para este trabajo de investigación, se evidencian múltiples interferencias, omisiones, e incluso exceso de información en los planos presentados.

Al respecto, se hizo el diagnóstico de este caso teniendo en cuenta los Principios de Constructabilidad según el Construction Industry Institute, y centrándonos en las oportunidades de mejora con la implementación propuesta, se tiene lo siguiente:

PRINCIPIOS DE CONSTRUCTABILIDAD SEGÚN CII	DIAGNÓSTICO HOSPITAL SAN MIGUEL	OPORTUNIDADES DE MEJORA CON IMPLEMENTACIÓN BIM
APROVECHAMIENTO DE EXPERIENCIA Y CONOCIMIENTO DE CONSTRUCTORES	En el proceso de Diseño de los Hospitales no se contó con la participación de contratistas o constructores con experiencia en Construcción.	Durante las sesiones ICE se puede invitar a personal con experiencia en construcción para que participen durante la solución de conflictos, dado que la visualización de interferencias en el modelo es puntual, y no es necesario que revisen todo el expediente (o planos en CAD).
DISTRIBUCIÓN TEMPORAL Y PERMANENTE DEL SITIO DE OBRA PROMUEVE LA CONSTRUCCIÓN EFICIENTE SE PROMUEVE LA ACCESIBILIDAD DE PERSONAL, MATERIALES Y EQUIPOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	El expediente técnico no incluyó el diseño de Layout de la Construcción, así como obras provisionales, y construcciones temporales, los cuales correrían por parte del contratista. Asimismo, el Expediente Técnico no incluyó el diseño de layout de circulación, ingreso de materiales, etc.	Se puede diseñar y modelar el proceso de Construcción tanto geométrica como temporalmente, considerando Layouts, obras preliminares, construcciones temporales mediante el uso de la opción <i>Fases</i> . Se puede diseñar y modelar el layout de ingreso de materiales, circulación horizontal y vertical, etc.
TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN PERMITEN LA CONSTRUCCIÓN EFICIENTE	Las distintas especialidades fueron elaboradas usando metodología convencional (AutoCAD), por lo cual no fueron confrontadas ni compatibilizadas, encontrándose diversas interferencias a la hora de modelar la geometría de todas las especialidades.	Todas las deficiencias e incompatibilidades producto del diseño aislado y con tecnología CAD, se pueden compatibilizar y optimizar gracias al modelado geométrico y paramétrico de las distintas especialidades, ayudando a solucionar conflictos e incompatibilidades, ya sea en gabinete o en las Reuniones BIM.
CRONOGRAMAS DE DISEÑO Y PROCURA SON SENSIBLES A LA CONSTRUCCIÓN	El expediente técnico no establece mecanismos para la procura de materiales, corriendo todo ello por cuenta del contratista.	El modelado permite sectorizar las especialidades asociándolas a sus respectivas áreas de influencia y proceso constructivo, lo cual permite cuantificar y por tanto programar la procura de materiales para cada sector, asignándole un periodo de ejecución en Obra.
LOS DISEÑOS SON CONFIGURADOS PARA PERMITIR LA CONSTRUCCIÓN EFICIENTE Y PARA EL USO DE TECNOLOGÍA EFICIENTE	El proyecto cuenta con equipamientos especiales.	El modelado permite incluir equipos especiales de manera geométrica, e incluso asignándoles sus respectivas tomas eléctricas o sanitarias. Permitiendo además cuantificarlas, y asignarles parámetros de proveedores, características técnicas, entre otros.
LOS ELEMENTOS DE DISEÑO ESTÁN ESTANDARIZADOS	Los elementos de diseño de la mayoría de especialidades no están estandarizados, ya que por la complejidad cuentan con distintas dimensiones.	El modelado permite acomodar la distribución de distintos elementos modulares, a fin de minimizar la cantidad de cortes y desperdicios durante obra. Asimismo, permite la prefabricación de elementos fuera de sitio, de modo de liberar el espacio de trabajo y llevar sectores enteros preensamblados.

Figura 47. Diagnóstico de constructabilidad en Proyecto de Hospital de San Miguel, Ayacucho. Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Modelado de especialidades para mejorar la constructabilidad

4.3.2.1 Modelado geométrico de estructuras y arquitectura para compatibilización

A modo de experiencia modelo, para el presente trabajo de investigación se ha modelado las especialidades del Hospital de San Miguel, cuyo análisis vimos antes, con el fin

de tener claros los logros reales que se pueden alcanzar en un escenario en el cual se modela la ingeniería de detalles de un proyecto hospitalario a partir de un proyecto con planos en 2D.

Para tal fin, analizaremos el modelado de varias especialidades, describiendo los hallazgos logrados durante el modelado en cuanto a incompatibilidades, interferencias y omisiones de información, y a la vez establecer los lineamientos para la propuesta de implementación, basándose en una experiencia real.

En primer lugar, se desarrolló el modelado del casco estructural, simultáneamente con los componentes de Arquitectura. Ello se hizo en gabinete durante la etapa de desarrollo del Expediente Técnico, de la mano de un equipo de modeladores. El objetivo de esta etapa fue evitar las interferencias e inconsistencias propias de un proyecto de esta complejidad.

El software usado fue Autodesk Revit, con LOD (Level of Development) 200 en Estructuras y LOD (Level of Development) 300 en Arquitectura, usando dos modelos sincronizables, y haciendo uso de la opción de Subproyectos para distintos usuarios.

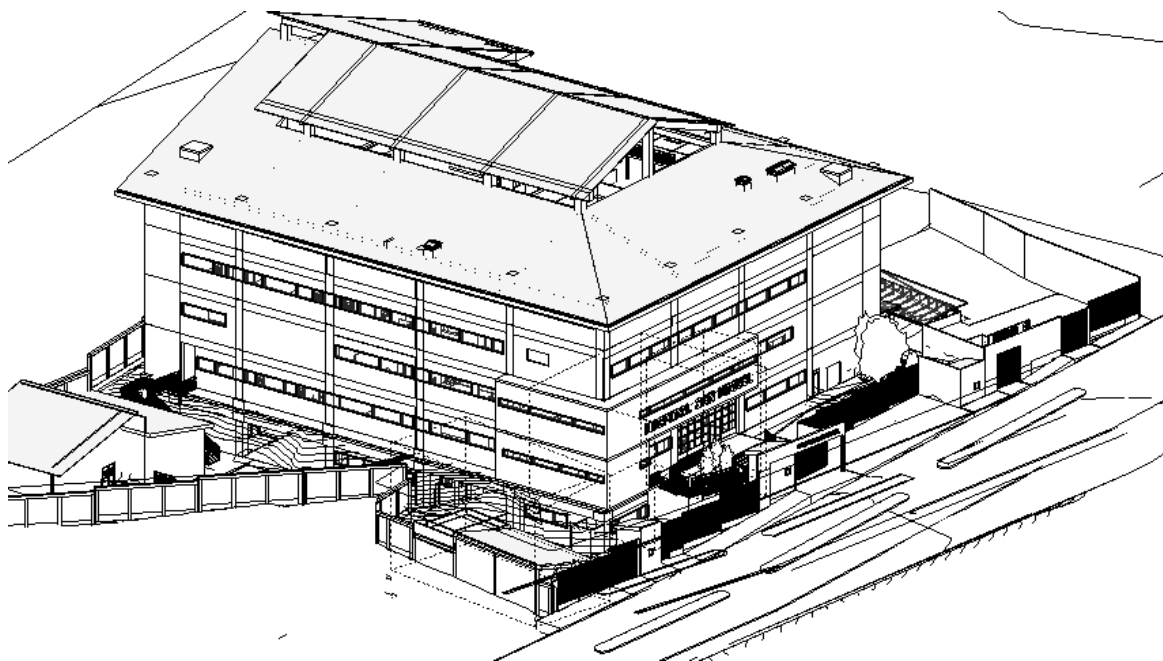


Figura 48. Modelado compuesto de Arquitectura y Estructuras. Fuente: DYACONS S.A.C.

Durante el proceso fue de gran utilidad el modelado de la Topografía, debido a lo accidentado del terreno, para calcular el movimiento de tierras, las cotas de nivel, así como las pendientes necesarias para las circulaciones interiores.

El modelado del casco estructural, en coordinación con los componentes de arquitectura, se desarrollaron de modo que se evitaron las inconsistencias. Incluso se evidenció la necesidad de añadir columnas en determinado momento en la planta del sótano, dado que se trataba de un edificio con aisladores sísmicos, en cuyo diseño no se había considerado un total de 8 columnas para reforzamiento del anillo antisísmico de la caja de ascensores. Este hallazgo en su momento produjo una cantidad de trabajo adicional en gabinete en cuanto a cálculo estructural, corrección de planos y adecuación de ambientes, pero evitó que este error se materializara en el momento de la construcción.

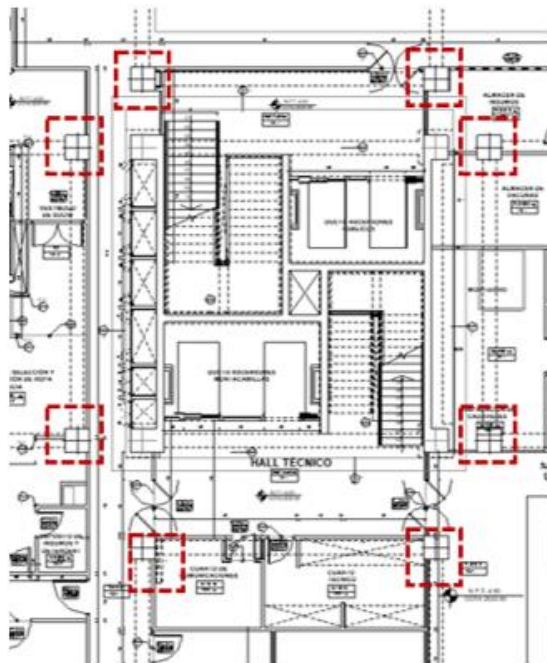
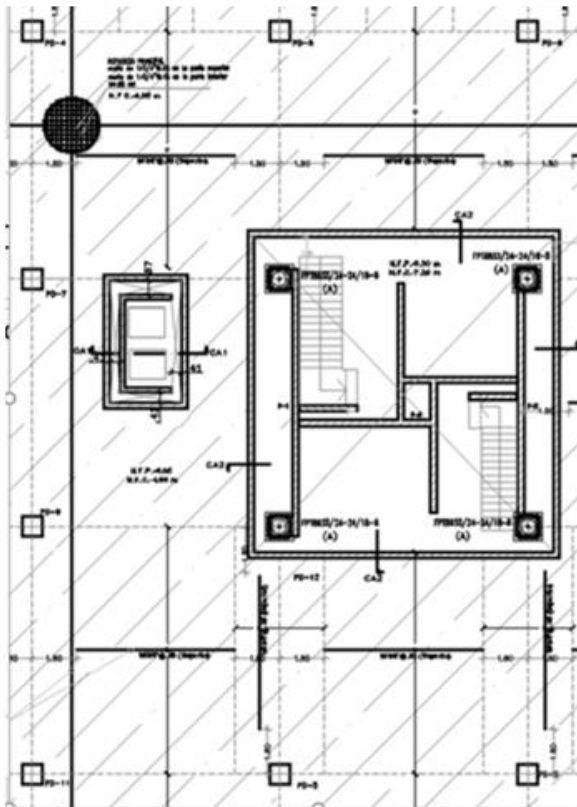


Figura 49. Arriba: Plano estructural inicial. Abajo: Plano modificado, con columnas adicionales cuya necesidad se evidenció a partir del modelado. Fuente: DYACONS S.A.C.

Teniendo como insumo este modelado, se procedió como componente del presente trabajo de investigación a modelar las especialidades que consideramos críticas durante la etapa de construcción.

En primer lugar, se modeló las instalaciones de desagüe, por tanto que la pendiente de los ramales horizontales debe seguir una trayectoria ininterrumpida, se consideró como el modelado más crítico. Un hallazgo importante en este modelado fueron las omisiones, presumiblemente debido a los cambios durante el desarrollo del proyecto, los especialistas no siempre trabajaron con la última versión de los planos, por lo que se encontraron diversas omisiones, como aparatos sin llegada de redes de desagüe, y diferencia de metrados incluso en aparatos sanitarios, como se muestra en la imagen y el cuadro siguientes.



Figura 50. Ejemplo de omisión en redes de Desagüe del Expediente original. Fuente: DYACONS S.A.C.

Tabla 19.
Diferencias de metrados de aparatos sanitarios.

DESCRIPCIÓN	Und	METRADO EXP.	METRADO A	DIFERENCIA
		TÉCNICO	PARTIR DEL	
		CANT	MODELADO	CANT
LAVATORIO TIPO A-2	und	126	148	22
LAVATORIO TIPO A-3	und	62	83	21
LAVADERO TIPO B-1	und	4	5	1
LAVADERO TIPO B-1A	und	21	21	0
LAVADERO TIPO B-9 A	und	1	1	0
LAVADERO TIPO B-14 A	und	13	14	1
LAVADERO TIPO B-50	und	4	4	0
INODORO TIPO C-1	und	126	126	0
INODORO TIPO C-1a	und	10	10	0
URINARIO TIPO C-9	und	40	41	1
INSTALACIÓN DE APARATOS	und	407	453	46

Nota: Elaboración propia

Tabla 20.
Diferencias de metrados en Tuberías de Desagüe.

DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	METRADO A	DIFERENCIA
		EXP.	PARTIR DE	
		TÉCNICO	MODELADO	
		LONGITU	LONGITUD	
		D		
TUBERÍA DE DESAGÜE DE PVC 2	m	98.64	414	315.36
TUBERÍA DE DESAGÜE DE PVC 3	m	48.27	57.8	9.53
TUBERÍA DE DESAGÜE DE PVC 4	m	378.33	398.6	20.27
TUBERÍA DE DESAGÜE DE PVC 6	m	19	24.5	5.5
TUBERÍA DE DESAGÜE RESISTENTE A ALTAS	m	16.7	18.7	2
TUBERÍA DE DESAGÜE COLGADA RESISTENTE A	m	74.25	81.9	7.65
TUBERÍA DE DESAGÜE COLGADA DE PVC 2	m	340.87	667.94	327.07
TUBERÍA DE DESAGÜE COLGADA DE PVC 3	m	81.08	84.9	3.82
TUBERÍA DE DESAGÜE COLGADA DE PVC 4	m	552.45	626.4	73.95
TUBERÍA DE DESAGÜE COLGADA DE PVC 6	m	116.76	247.38	130.62
MONTANTE DE DESAGÜE PVC 4	m	146.64	170.2	23.56
MONTANTE DE DESAGÜE RESIST. ALTAS	m	39.36	43.4	4.04
REDES COLECTORAS DE DESAGÜE PVC 4	m	76.01	84.5	8.49
REDES COLECTORAS DE DESAGÜE PVC 6	m	90.86		-90.86
REDES COLECTORAS DE DESAGÜE PVC 8	m		1.07	1.07

Nota: Elaboración propia

La diferencia sustancial de metrados en tuberías de desagüe se dio debido a que al medir con planos en CAD (Computer-Aided Design), probablemente no se tuvo en cuenta que estas tuberías debían ir colgadas debajo de las losas, y no embutidas en estas, lo cual conlleva a un mayor desarrollo vertical de cada ramal de desagüe.

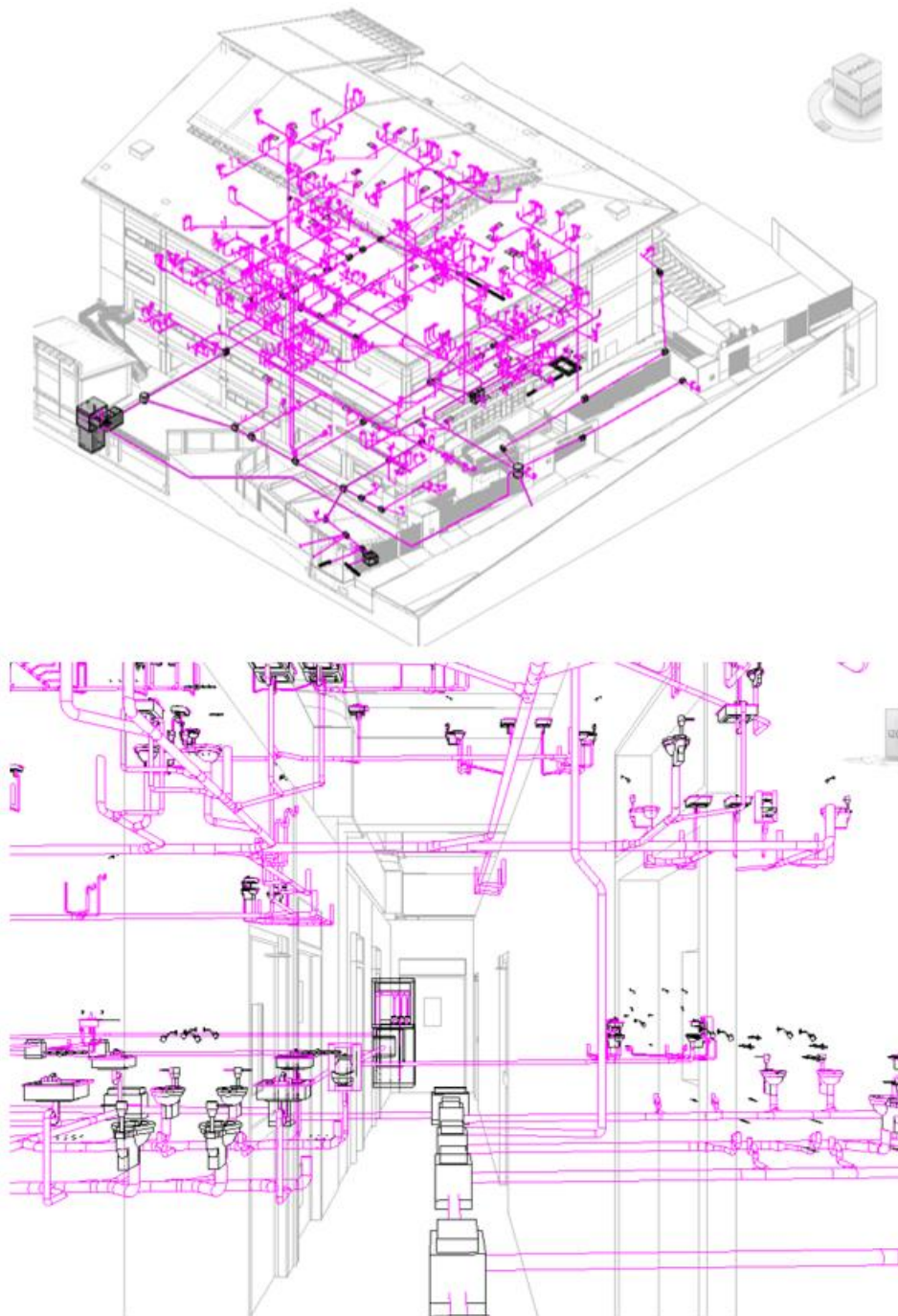


Figura 51. Arriba: Isometría de Redes de desague modeladas y optimizadas. Abajo: Detalle de tuberías de desague en Primera Planta. Fuente: Elaboración propia.

A partir de este modelo, se prosiguió con otra especialidad que consideramos crítica, que es la de Aire Acondicionado, dado que por sus dimensiones tiene un desarrollo complicado y tiene que adaptarse a las redes de Desague, vigas, y otros elementos estructurales, para lo cual durante el modelado, en muchos casos se encontró que el espacio

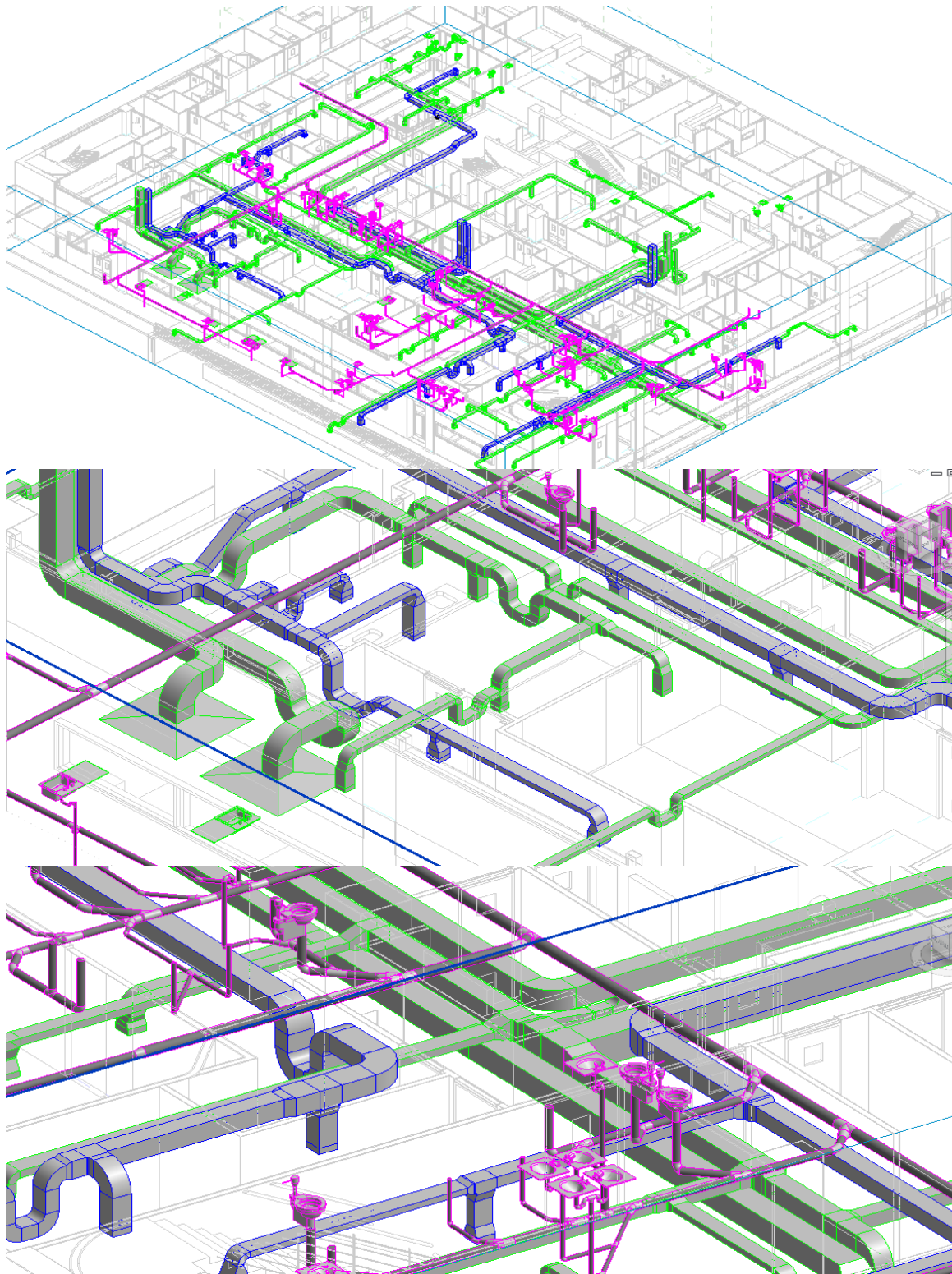


Figura 53. Confrontación de instalaciones de aire acondicionado y sanitario de desagüe. Fuente: Elaboración propia.

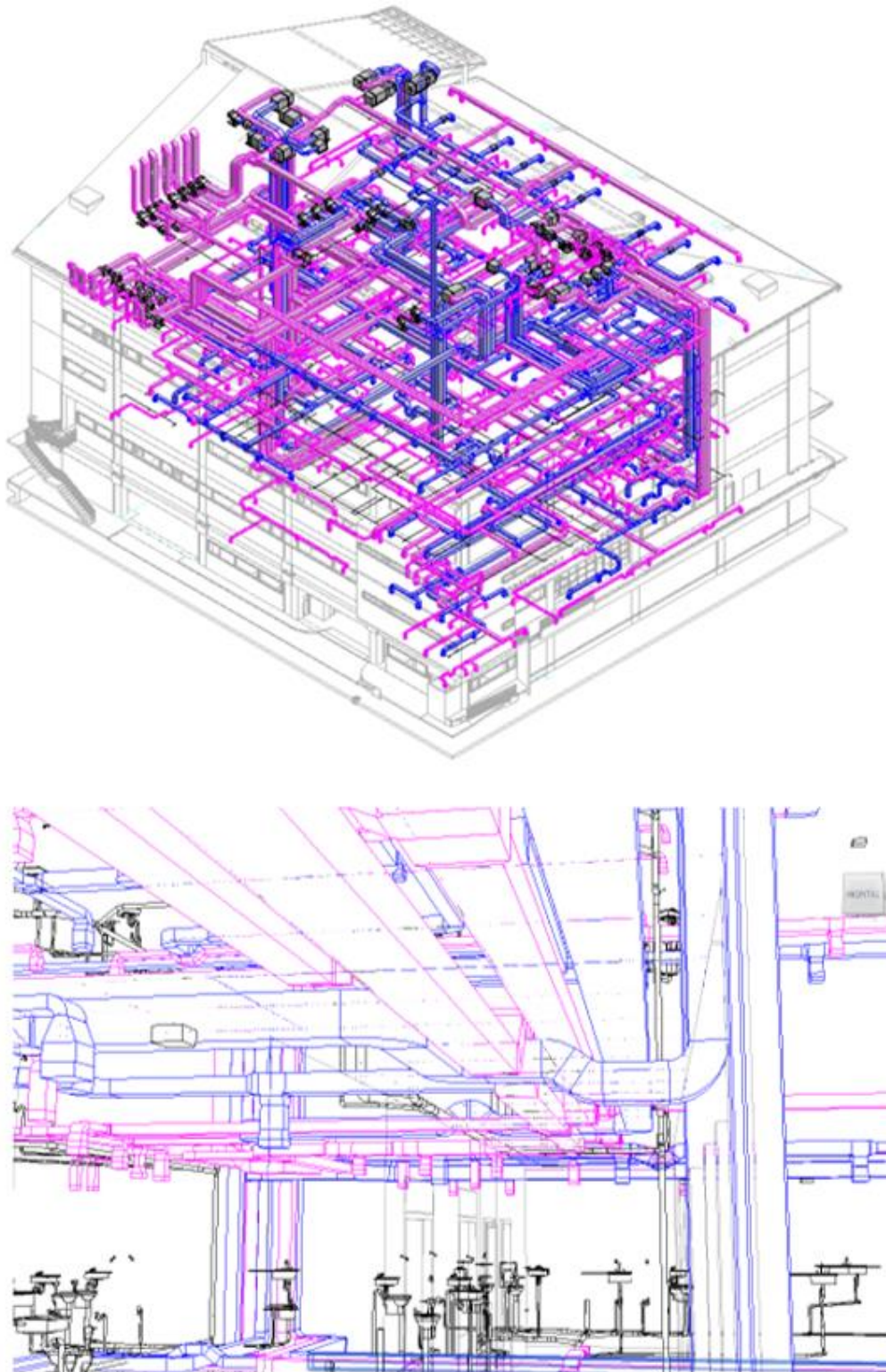


Figura 54. Vistas de Modelado de instalaciones de aire acondicionado. Fuente: Elaboración propia.

Una instalación más a tener en cuenta fue la de gases medicinales, una de las que se considerarían propias de este tipo de edificios, y cuyo desarrollo también conllevó a hallazgos en cuanto a diferencia de metrados e incluso de partidas, dado que las tuberías de cobre

descritas en planos, una vez modeladas y optimizadas en el modelado, arrojaron un metrado distinto, no solo en cantidades, sino también en características.

Ello se muestra en el cuadro siguiente, en el cual se aprecian distintas medidas de tuberías entre el expediente y el metrado del modelado. En este caso, una vez se hubo optimizado la separación entre tuberías, que para efectos de representación en planta se hacen muy separadas, y conllevan a un metrado mayor, se logró un monto a favor.

Tabla 21.
Diferencias de metrados de aparatos sanitarios.

		EXPEDIENTE TÉCNICO	METRADO A PARTIR DE MODELADO	DIFERENCIA
		LONGITUD	LONGITUD	LONGITUD
OXIDO NITROSO				
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1/2" (INST.MEC.)	m	78.52	31.57	-46.95
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 3/4" (INST.MEC.)	m	209.56		-209.56
OXIGENO				
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1/2" (INST.MEC.)	m	487.32	574.96	87.64
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 3/4" (INST.MEC.)	m	62.31		-62.31
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1" (INST.MEC.)	m	65.31	205.02	139.71
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1 1/4" (INST.MEC.)	m	52.63		-52.63
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1 1/2" (INST.MEC.)	m	145.00		-145.00
VACIO				
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 3/4" (INST.MEC.)	m	477.86		-477.86
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1" (INST.MEC.)	m	56.44	590.22	533.78
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1 1/4" (INST.MEC.)	m	101.13	73.89	-27.24
TUBERÍA DE COBRE TIPO K DE 2"	m		15.19	15.19
AIRE MEDICINAL				
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1/2" (INST.MEC.)	m	319.96	11.86	-308.10
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 3/4" (INST.MEC.)	m	155.00		-155.00
AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL				
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1/2" (INST.MEC.)	m		299.31	299.31
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1" (INST.MEC.)	m		31.57	31.57
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1 1/2" (INST.MEC.)	m		75.88	75.88
TUBERÍA DE COBRE TIPO K DE 2"	m		7.7	7.70
AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL				
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1/2" (INST.MEC.)	m	29.56	146.27	116.71
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1" (INST.MEC.)	m		79.62	79.62
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1 1/2" (INST.MEC.)	m	258.10		-258.10
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 3/4" (INST.MEC.)	m	10.42		-10.42
AIRE COMPRIMIDO DENTAL				
TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1/2" (INST.MEC.)	m		37.8	37.80

Nota: Elaboración propia

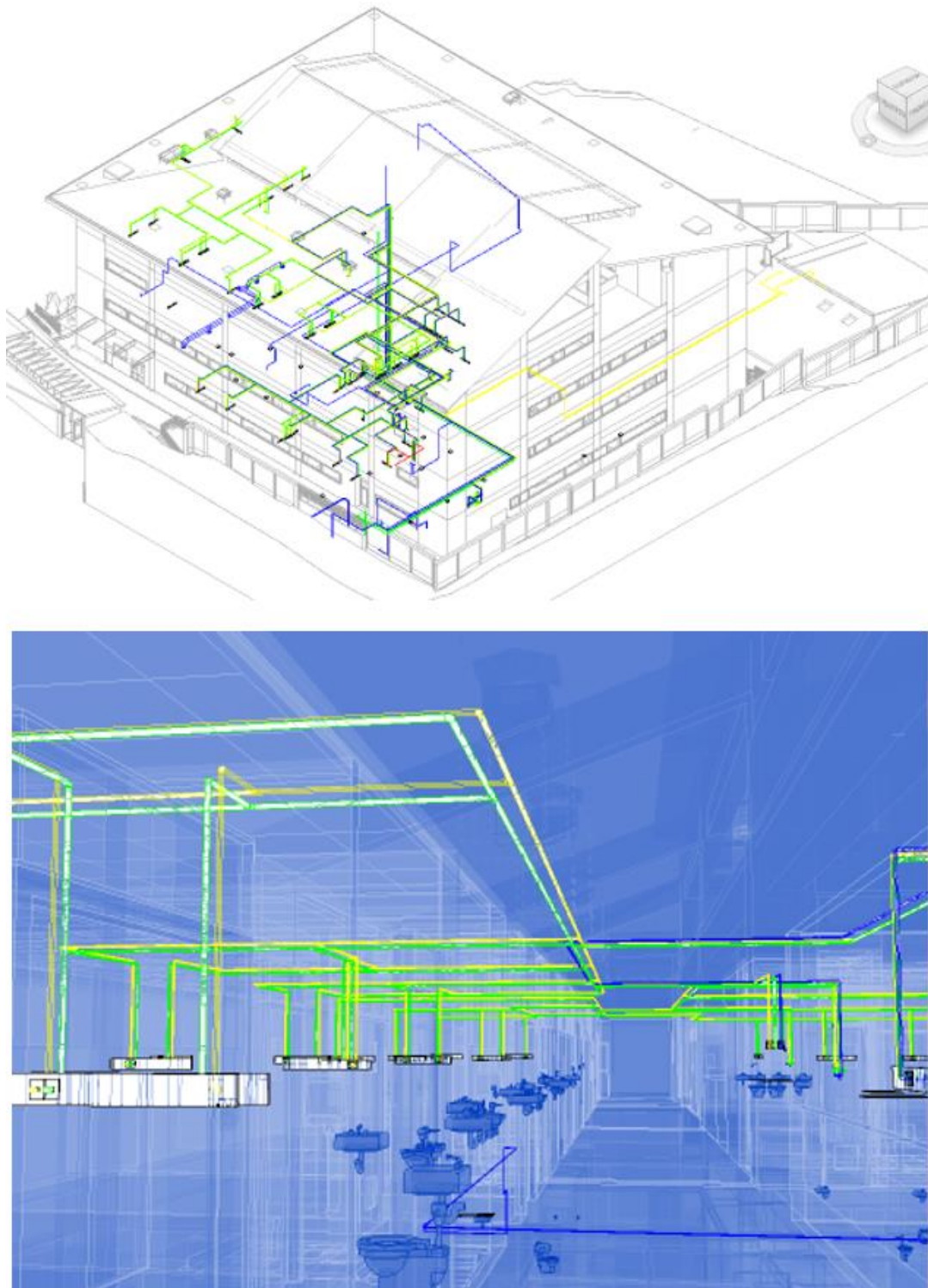


Figura 55. Vistas de Modelado de Gases Medicinales. Fuente: Elaboración propia.

Del modelado en BIM (Building Information Modeling) se pudieron sincerar metros lo que nos muestra un incremento presupuestal del costo total del Proyecto a nivel de Infraestructura hospitalaria del 38% con respecto al Perfil y de un 6 % con respecto al expediente elaborado por metodología tradicional.

Tabla 22.

Comparativo de costos de Proyecto Expediente Técnico tradicional Vs. Expediente Técnico usando BIM.

COMPARATIVO DE COSTO DE PROYECTO

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	EXPEDIENTE TECNICO	EXPEDIENTE TECNICO BIM
1	INFRAESTRUCTURA FISICA	44,077,088	58,237,049	60,856,045
		100%	132%	138%
1.1	ESTRUCTURAS		12,458,554	12,707,725
1.2	ARQUITECTURA		10,323,763	10,530,238
1.3	INSTALACIONES SANITARIAS		3,441,874	3,613,967
1.4	INSTALACIONES ELEC. Y COM.		6,138,363	6,752,199
1.5	INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS		7,120,192	7,654,206
	COSTO DIRECTO		39,482,745	41,258,336
	GASTOS GENERALES 15%		5,922,412	6,188,750
	UTILIDADES 10%		3,948,275	4,125,834
	SUB TOTAL		49,353,432	51,572,920
	IGV 18%		8,883,618	9,283,126
	TOTAL		58,237,049	60,856,046
2	EQUIPAMIENTO HOSPITALARIO Y MOBILIARIO	15,343,884	15,343,000	15,343,000
3	CAPACITACION DE RECURSO HUMANO	249,269	124,000	124,000
4	ELABORACION DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO	326,671	100,000	100,000
5	PROMOCION DE LOS SERVICIOS	67,366	67,366	67,366
6	MITIGACION AMBIENTAL Y RIESGO DE	165,500	84,500	84,500
7	EXPEDIENTE TECNICO DE	168,182	182,830	182,830
8	EXPEDIENTE TECNICO	1,285,669	1,453,851	1,453,851
9	SUPERVISION DE EXPEDIENTE TECNICO	220,790	144,000	144,000
10	SUPERVISIO DE OBRA, EQUIPAMIENTO Y LIQUIDACION	2,195,437	2,195,437	2,195,437
11	PLAN DE CONTIGENCIA	2,587,572	2,087,572	2,087,572
TOTAL		66,687,428.00	66,687,428	80,019,605
	% Incremento con respecto al Perfil		20%	24%

Nota: Elaboración propia

CAPITULO V: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN

5.1 Plan de Implementación BIM para Hospitales de mediana complejidad

La construcción de Hospitales en el Sector Público, como hemos visto, está sujeto a la Normatividad de Inversiones en el Estado (antes SNIP, hoy, INVIERTE PE), los cuales se dan siguiendo una metodología de trabajo convencional, lo que en la mayoría de los casos conlleva a ampliaciones de plazo debido a múltiples factores.

El presente Plan de Implementación metodológica busca optimizar los procesos de diseño, trabajo y flujos de información, a fin de evitar las ampliaciones de plazos y presupuestos, mediante el uso de modelado de información, el diseño de procesos y flujo de información, y la definición de roles y protocolos para darle un adecuado seguimiento al proceso, así como una aproximación al costo de implementación y al costo beneficio.

5.1.1 Escenarios posibles en la realidad local:

Para plantear una implementación metodológica, se deben tomar en cuenta los escenarios posibles de actuación, teniendo en cuenta los procesos y características contractuales propias de nuestro medio.

5.1.1.1. Escenario 01: Implementación BIM desde la Etapa de Diseño

Si bien el proceso de aplicación BIM (Building Information Modeling) en obras del Estado está aún en una etapa inicial y planteamiento de la Norma se tiene la intención de que los proyectos de inversión pública se desarrollen usando la metodología BIM (Building Information Modeling). Este escenario se basa en la aplicación de Metodología BIM (Building Information Modeling) desde etapas tempranas del Proyecto, que incluyen el Diseño, Ingeniería de Detalles y Construcción.

Este escenario es el óptimo, por tanto que garantiza una adecuada implementación desde etapas iniciales del proyecto, sin embargo, conlleva la dificultad de reunir a un equipo de trabajo mayor y especializado, que integre el trabajo de los diseñadores de las distintas

especialidades que sean usuarios de los softwares BIM (Building Information Modeling) (que en nuestro medio no abundan); o bien, tener a su cargo modeladores especializados de cada especialidad (lo que, dado el perfil etario y profesional, son los que más abundan).

5.1.1.2. Escenario 02: Implementación BIM Para Optimización de un proyecto existente

Este escenario consiste en la implementación de la metodología sobre un proyecto desarrollado con metodología convencional (CAD, Computer-Aided Design) existente y aprobado para su ejecución, con el fin de detectar y solucionar las incompatibilidades y disminuir así la incidencia de problemas durante el proceso de construcción.

Este escenario conlleva a la conformación de un equipo de modeladores BIM (Building Information Modeling) de las distintas especialidades, que requiere una comunicación constante con los proyectistas, a fin de solucionar las incompatibilidades durante este proceso, que sería previo a la construcción.

5.1.1.3. Escenario 03: Seguimiento de obra

Este escenario es fruto de cualquiera de los dos anteriores, ya sea para un proceso diseñado mediante BIM (Building Information Modeling) o un Proyecto optimizado con BIM (Building Information Modeling).

Su objetivo es hacer seguimiento del proceso de Construcción, haciendo uso de las propiedades de programación de plazos y recursos, para lo cual debería contarse con personal especializado en programación y costos de obras.

El siguiente gráfico esquematiza los escenarios antes descritos.

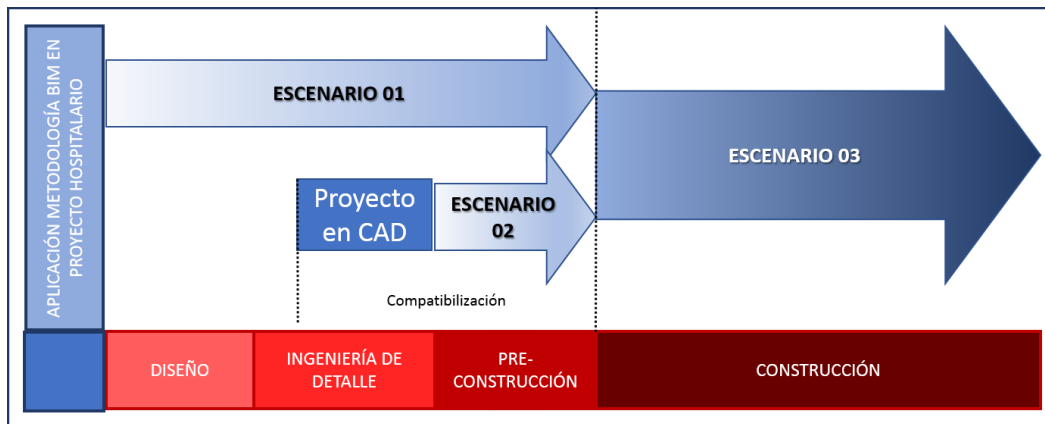


Figura 56. Escenarios de Aplicación BIM en el Perú. Fuente: Elaboración propia.

Estos escenarios se sitúan en la práctica en lo que se da en nuestra realidad local, donde sólo las grandes empresas implementan la metodología BIM (Building Information Modeling) en sus proyectos desde etapas tempranas del Proyecto; mientras que la práctica más usual es partir de un proyecto ya definido convencionalmente, y modelarlo en BIM (Building Information Modeling) con el fin de reducir los impactos de un proyecto deficiente, lo que a la larga tiene igualmente un beneficio, pero no es el uso óptimo de una implementación BIM (Building Information Modeling).

Por ello, la presente Tesis debe apuntar a una implementación desde la etapa de concepción del Proyecto, aunando esfuerzos de proyectistas y modeladores BIM (Building Information Modeling) con el resto de involucrados en el proceso de Proyecto, Ingeniería de Detalles, y posterior Ejecución de la Obra.



Figura 57. Plan de implementación propuesto. Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Implementación de metodología BIM para proyectos hospitalarios

5.1.2.1. Objetivos de la Metodología BIM

El Objetivo fundamental de la Propuesta metodológica es establecer las bases para el trabajo multidisciplinario usando la Metodología BIM (Building Information Modeling) en cualquiera de los escenarios antes descritos para el desarrollo de un Proyecto Hospitalario.

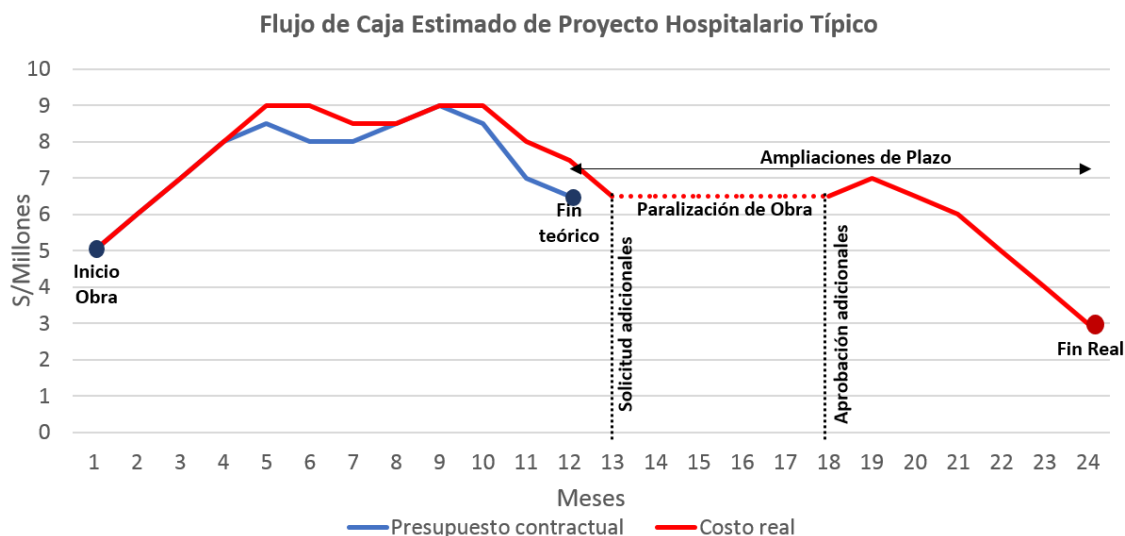


Figura 58. Flujo de caja estimado de Proyecto Hospitalario típico. Fuente: Elaboración propia.

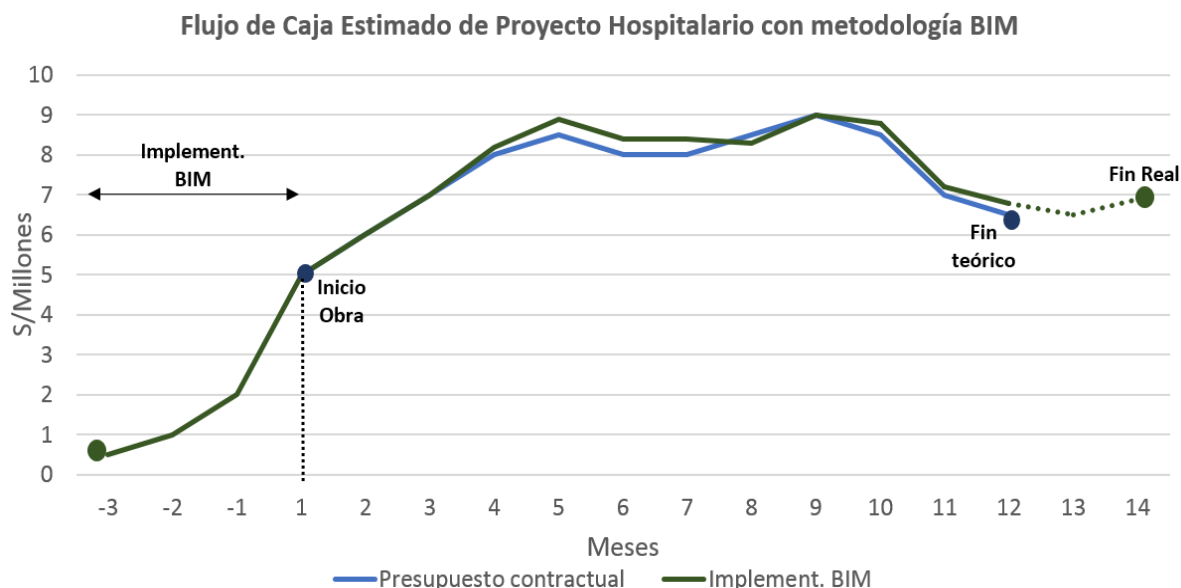


Figura 59. Flujo de caja estimado de Proyecto Hospitalario con metodología BIM. Fuente: Elaboración propia.

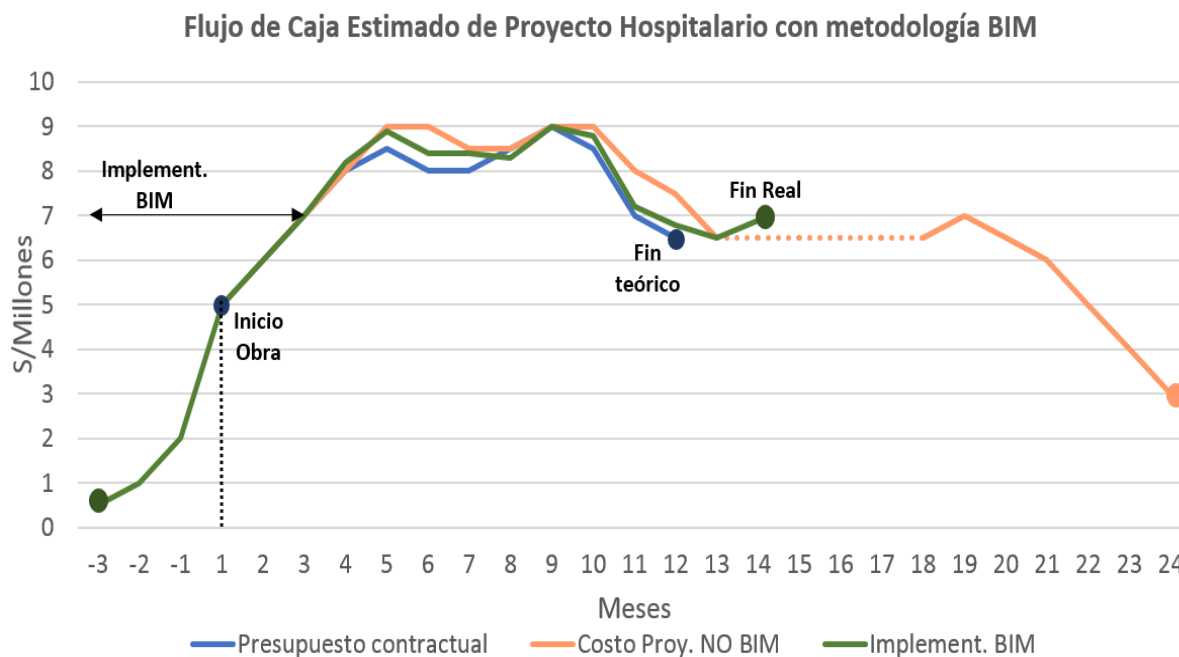


Figura 60. Flujo de caja estimado de Proyecto Hospitalario con metodología BIM. Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.2. Aspectos fundamentales de la Implementación BIM

La Implementación propuesta se basará en tres aspectos fundamentales, que deberán integrarse entre sí:

- **Diseño de Procesos**

A fin de gestionar adecuadamente el proceso de implementación, se requiere un adecuado Diseño y Programación de Procesos, el cual debe estar a cargo de un especialista en Programación, cuyo rol será primordial a fin de gestionar los requerimientos de recursos de personal e insumos necesarios, así como el seguimiento del cronograma de trabajo y costes asociados a la implementación BIM (Building Information Modeling) sobre el proyecto.

- **Diseño y Modelado de Información para Construcción (BIM)**

Es la razón de ser de la propuesta, la cual planteará la conformación de los equipos de trabajo según el escenario dado, definiendo los roles y responsabilidades de cada integrante, así como los flujos de información entre ellos y la metodología de trabajo.

El uso de la plataforma virtual para la gestión del Modelado BIM (Building Information Modeling), así como de una red de información vía Internet permite el acceso en tiempo real de los involucrados con el fin de solucionar las posibles ocurrencias de manera pertinente.

▪ **Flujo de Información y Reuniones Interdisciplinarias**

El Plan de Implementación deberá definir los flujos de información entre los involucrados, así como programar las reuniones interdisciplinarias de coordinación a fin de disminuir la incidencia de incompatibilidades y consultas mediante Sesiones ICE (acrónimo de Integrated Concurring Engineering).

Esto último facilita la gestión de involucrados e información necesaria para mejorar la Constructabilidad del Proyecto desde etapas tempranas.

Con el objeto de disminuir las incompatibilidades entre distintas especialidades en las que se recogen las mayores incompatibilidades, se plantea el siguiente esquema de Coordinaciones necesarias en torno a un proyecto hospitalario del Segundo Nivel de Atención, teniendo en cuenta las múltiples especialidades y la necesidad de coordinación directa o indirecta entre sus involucrados, tomando los sistemas físicos y de instalaciones que generan más controversias durante la coordinación de especialidades, y en la práctica, conllevan a consultas durante la etapa de Construcción.

5.1.2.3. Aspectos organizacionales para la Implementación

Para implementar adecuadamente BIM (Building Information Modeling) en una organización para proyectos de hospitales se requiere contar el respaldo total de la Gerencia, toda vez que involucra un cambio en los procesos tradicionales de trabajo, produciendo un impacto en los procesos productivos de la organización, lo que a la vez, una vez implementado, generará una serie de beneficios tanto para la empresa como para los mandantes.

Asimismo, todos los integrantes de las áreas involucradas deben ser sensibilizados sobre los cambios que se producirán en la organización, así como los nuevos procesos y tecnologías, y de ese modo tomar las medidas para capacitar al personal idóneo para llevar a cabo la implementación.

La implementación BIM debe darse de manera integral, y no como una iniciativa aislada de una sola área o un grupo de procesos.

Es importante la labor del implementador o capacitador BIM (Building Information Modeling), ya que es quien analiza la organización y da un diagnóstico del estado situacional de la empresa, sugiriendo así medidas para optimizar el equipo de trabajo y todos los requisitos necesarios para la implementación. Para el caso específico de Hospitales, se debe consolidar un equipo con amplia experiencia tanto en diseño como modelado, añadiéndose la variable de conocimiento de normativas, a fin de disminuir la posibilidad de error humano, que supone un riesgo en todo tipo de proyecto.

El análisis de la Composición de capital humano de una empresa sigue el siguiente proceso:

- Identificación de Personal disponible, roles, formación y experiencia.
- Identificación de Personal con conocimiento BIM.
- Selección de los potenciales integrantes del equipo BIM (Building Information Modeling) (personas proactivas al cambio, con capacidad o autoridad para redefinir procesos o proponer modificaciones de los mismos).

5.1.2.4 Participantes del Proyecto BIM

Como en todo Proyecto de la Industria de la Construcción, las condiciones y requerimientos para un proyecto hospitalario son dinámicos y, en este caso específico, muy complejos. Varían de caso a caso, y aún dentro de un mismo proyecto, a lo largo de su ciclo

de Vida, suelen haber cambios en la composición del equipo de trabajo, lo cual no es recomendable.

Para la composición de un Equipo BIM (Building Information Modeling) para Proyecto Hospitalario, ciertamente se debe buscar un nivel de experiencia superior tanto en trabajo de modelado, como en desarrollo de expedientes técnicos para Hospitales, para lo cual la Consultora debe haber tomado con antelación las medidas para conformar el equipo, de acuerdo a los distintos escenarios descritos en el acápite 5.1.1.

A parte de la experiencia, la capacidad de comunicación, trabajo en equipo, iniciativa, liderazgo, la adaptación a entornos complejos y dinámicos, son cualidades que deben caracterizar a un equipo BIM (Building Information Modeling) para desarrollo de proyectos complejos como los Hospitales.

No existe una conformación establecida y pueden darse múltiples casos, como un equipo presencial en una única ubicación, como equipos repartidos en distintos lugares, comunicados por la Nube, para lo cual la determinación de los estándares, objetivos del Proyecto son vitales para que el equipo funcione.

Sin embargo, entre los participantes imprescindibles dentro del proceso, se encuentran:

- **Gerente de Proyectos BIM**

Encargado de la administración e implementación de las herramientas BIM (Building Information Modeling) de trabajo para los modeladores tales como plantillas, librerías, formatos, objetos BIM (Building Information Modeling), o criterios de modelación.

Es el responsable de lograr un proyecto coordinado utilizando las herramientas BIM y articular las distintas especialidades. Para el caso específico de Hospitales, debe tener amplia experiencia en diseño y construcción de edificios hospitalarios, dado el nivel de complejidad de este tipo de infraestructura.

- **Revisor BIM**

Es el encargado de revisar y controlar que los modelos y/o proyectos sean diseñados y/o construidos de acuerdo a las bases técnicas, normativas y plan de ejecución BIM.

Igualmente, debe contar con amplia experiencia en diseño y construcción de hospitales.

- **Coordinador BIM**

Encargado de integrar modelos de las distintas especialidades y coordinarlos, detectar interferencias, evaluar posibles soluciones y manejar flujos de información de proyectos.

Debe contar con experiencia en Gestión BIM, toda vez que es quien administra los flujos de información, y realiza el seguimiento de la producción, así como las reuniones interdisciplinarias de coordinación (ICE).

- **Modelador BIM**

Encargado de la modelación de información en softwares BIM, es quien vierte los proyectos en el modelo de información, debe poseer manejo de interpretación de planos de arquitectura, estructura y especialidades, así como conocimiento de construcción y manejos avanzados del software seleccionado para hacer el modelado. Debe contar igualmente con experiencia en diseño de hospitales y estar al tanto de las normativas.

Si bien un modelador debe poder manejarse adecuadamente en las múltiples especialidades de Modelado BIM, se aconseja la especialización, o asignación de funciones específicas por proyecto.

Estos perfiles pueden variar de acuerdo a diversos factores, como el tamaño de la empresa los requerimientos del proyecto, la verticalidad y horizontalidad de la jerarquía.

modelado de las múltiples especialidades, convirtiendo el Insumo que es el Anteproyecto, en un Proyecto Definitivo con ingeniería de detalles.

Cabe mencionar que este proceso no es estático, sino que puede adaptar a las múltiples situaciones o requerimientos de cada caso específico, ajustando la línea de tiempo del cronograma, con el desarrollo de las diversas especialidades, las reuniones de coordinación multidisciplinaria y los procesos de corrección o mejora productos de éstas.

El siguiente gráfico muestra el flujo de trabajo a seguir mediante la implementación de metodología BIM (Building Information Modeling) en un edificio hospitalario en el caso en que no se ha requerido específicamente, sino como un aporte de Incremento de Valor al proyecto. Mientras se cumplen con las entregas contractuales de los avances del expediente, se avanzan paralelamente el modelado en BIM (Building Information Modeling) y las coordinaciones pertinentes para mejorar el entregable final, que contractualmente no es BIM. La experiencia chilena muestra que este tipo de aportes de las consultoras fueron quienes impulsaron el cambio en la Normatividad contractual, gracias a lo cual hoy se exige que edificios esenciales mediante inversión pública se hagan con metodología BIM (Building Information Modeling).

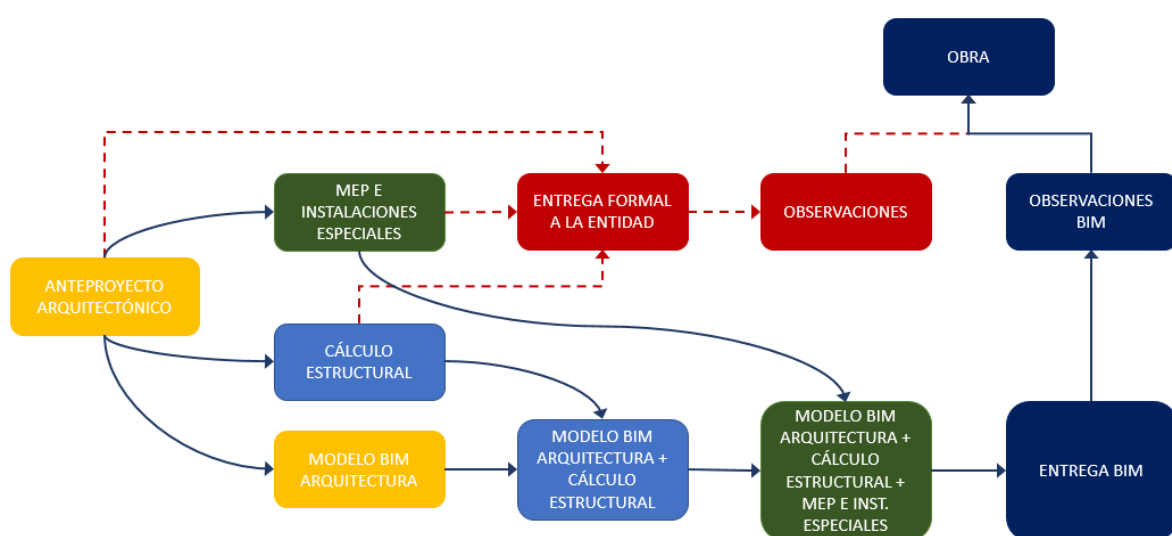


Figura 62. Esquema de flujos de trabajo de diseño de un edificio hospitalario mediante metodología BIM (sin requerimiento por parte de la entidad). Fuente: Primeras experiencias BIM, hospitales concesionados, Maipú y Florida, Francisco Céspedes BIM Consulting.

El siguiente gráfico muestra el flujo de trabajo realizado íntegramente mediante Metodología BIM (Building Information Modeling), el cual parte de un anteproyecto arquitectónico bien definido, y se va nutriendo del proyecto de Estructuras y las distintas especialidades, a medida que se hacen controles de interferencias, y sus respectivas soluciones ya sea en gabinete o en reuniones multidisciplinarias, todo lo cual conduce al proyecto definitivo, que consta del modelado integral, así como de la planimetría necesaria para cumplir con las exigencias contractuales, enriquecidas por el control de calidad que implica la Metodología BIM (Building Information Modeling).

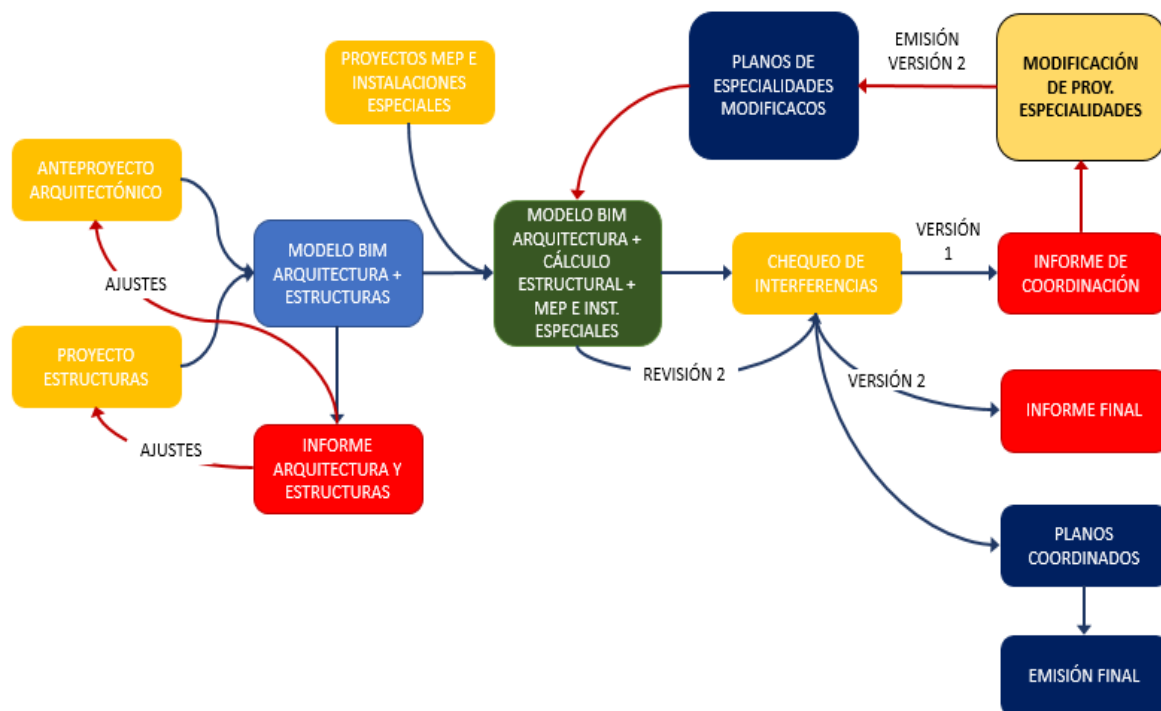


Figura 63. Esquema de flujos de trabajo de diseño de un edificio hospitalario mediante metodología BIM
Fuente: Primeras experiencias BIM, hospitales concesionados, Maipú y Florida, Francisco Céspedes BIM Consulting.

5.2 Implementación durante la Etapa de Diseño

5.2.1 Definición de objetivos por Proyecto

Es necesario que todos los participantes comprendan todos los objetivos buscados por la implementación BIM (Building Information Modeling) en un Proyecto Hospitalario por ejecutarse.

Estos objetivos deben ser medibles y específicos para cada proyecto, para mejorar así el trabajo de planificación, diseño y trabajo multidisciplinario del Proyecto.

Estos objetivos deben estar orientados a reducir los tiempos de trabajo, disminuir el costo, o mejorar la calidad del producto final.

5.2.2 Definición de los tipos de modelos

Dependiendo de las necesidades contractuales y los objetivos del proyecto a desarrollar, el BIM Manager, o quien ocupe la mayor jerarquía en la estructura organizacional del área BIM (Building Information Modeling), deberá definir los modelados que se deban llevar a cabo, ya que cada uno de estos implica una cantidad de recursos considerable, que se deberá racionalizar de acuerdo a las necesidades reales del proyecto, sin incurrir en trabajos no productivos o que puedan generar atrasos o riesgos innecesarios. A ello se suma también el análisis financiero de la cantidad de modelado a desarrollar, teniendo en cuenta la utilidad que debe recibir la empresa.

Dichos modelos son progresivos, se superan cada día incorporando tanto avances como las correcciones productos de las coordinaciones, y se debe tender a llevar un adecuado control de su avance.

A continuación se describen los tipos de Modelos necesarios factibles de desarrollarse para un proyecto hospitalario, de los cuales se hará un comentario al final sobre cuáles debieran ser parte del contenido mínimo para mejorar la Constructabilidad desde la etapa proyectual:

5.2.2.1. Modelo del entorno y topografía:

Este modelo sienta la ubicación geográfica del Proyecto, debe tener como insumo el Levantamiento Topográfico del Terreno, o bien estar hecho en base a Nubes de Puntos tomados en base a Escáner Láser. Debe contener las características del terreno, así como edificaciones existentes, y otras preexistencias que condicionen al Proyecto.

Debe contener la información necesaria para el modelado del volumen de tierra sobre el que se va a trabajar, permitiendo hacer cálculos de movimientos de tierra, y de preferencia, estar relacionado con el Estudio de Mecánica de Suelos.

Asimismo, este modelo debe estar debidamente georreferenciado y orientado según las coordenadas geográficas para facilitar un adecuado estudio solar.

5.2.2.2. Modelado de anteproyecto de arquitectura:

Este modelo corresponde a la etapa inicial del Ciclo de Vida del Proyecto, en el cual se define la solución arquitectónica que satisfaga el Programa Médico Arquitectónico, los requisitos del proyecto y las condiciones del terreno. Debe contener la información paramétrica para su evaluación y comunicación inicial con especialistas, por lo cual no conlleva demasiada información.

5.2.2.3. Modelado de visualización:

Este modelo tiene el objetivo específico de su visualización, por lo cual debe contener la volumetría y propiedades espaciales en base al Anteproyecto o Proyecto de Arquitectura, más no debe contener información paramétrica ni planimétrica.

A medida que avance el Modelado de Arquitectura, se tendrá una versión más actualizada, con lo cual se puede conseguir las vistas necesarias para el renderizado de vistas o recorridos virtuales.

5.2.2.4. Modelo de arquitectura:

Se trata de un modelo progresivo, en base al Modelo de Anteproyecto de Arquitectura, que irá evolucionando a lo largo del Ciclo de Vida del proyecto.

Contiene tanto información paramétrica como planimétrica, para su representación en planos según los requerimientos del proyecto.

Al estar enlazada con el Modelo de Estructuras, permite un modelado realista de la ubicación de elementos de cerramientos y acabados sobre el casco estructural, evitando las interferencias, y corrigiéndolas a medida que éstas se detecten.

Los elementos de arquitectura que contenga este modelo deben contener información paramétrica de materiales, características de elementos, entre otros que permitan su identificación y metrado, según lo requiera la especificidad del proyecto.

5.2.2.5. Modelo de estructuras:

Se trata del modelado del casco estructural, cuyos elementos deben tener propiedades paramétricas, y estar basado en el análisis de cargas y esfuerzos. Al estar enlazado con el modelo de Arquitectura, permite una adecuada ubicación de los elementos, evitando conflictos y colaborando en medir adecuadamente alturas determinantes en el proyecto, como las correspondientes a espacios técnicos sobre falso cielo raso, entre otros.

5.2.2.6. Modelo de análisis estructural:

Modelo que permite analizar el sistema estructural de un edificio para determinar con precisión las dimensiones de elementos constructivos y su comportamiento ante esfuerzos sísmicos mediante simulaciones virtuales.

Existen softwares como el tekla que permiten el modelado detallado de refuerzos estructurales, permitiendo optimizar las cantidades de acero en beneficio del Cliente.

5.2.2.7. Modelo de coordinación de Arquitectura con Estructuras

Se trata de un modelo en el cual se enlazan los modelados a nivel volumétrico antes descritos de Arquitectura y Estructuras, a fin de detectar interferencias o superposición de elementos de ambas especialidades, a fin de corregirlos, de forma directa, si se trata de problemas simples, o de comunicarlos en las reuniones multidisciplinarias a fin de llegar a una decisión concertada.

Este modelo no debe contener información detallada a fin de no ralentizar su rendimiento, ya que su fin es únicamente de coordinación volumétrica.

De todas formas, este modelo sirve para una adecuada visualización de ambas especialidades, en el cual pueden saltar a la vista conflictos que no necesariamente son interferencias, sino que responden a un criterio más subjetivo en base a la experiencia de los profesionales a cargo.

5.2.2.8. Modelado de MEP

Es el Modelado de los sistemas de instalaciones MEP (acrónimo inglés de Mechanical, Electrical and Plumbing), o Instalaciones Mecánicas, Eléctricas y Sanitarias.

Los softwares de modelado como Revit contienen sistemas diferenciados de representación para la mayoría de instalaciones especiales, mediante las cuales se puede realizar el trazado de los conductos, tuberías, bandejas, entre otros elementos, dotándolas de propiedades paramétricas y planimétricas, que a su vez permiten su metrado. Ello permite a su vez el filtrado diferenciado de cada especialidad para una adecuada representación con fines de visualización o revisión.

Para el caso que nos compete, el de edificios Hospitalarios, el Modelado MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) debe contener al menos los siguientes sistemas, acorde con los requerimientos contractuales típicos para este tipo de Establecimientos:

5.2.2.8.1. Instalaciones Mecánicas

Consta de:

5.2.2.8.1.1 Sistemas de transporte automático:

Para edificios de configuración vertical, es necesario el modelado de los ascensores y montacargas de transporte médico, de servicio y público. Dependiendo del Nivel de Detalle establecido, se puede llegar desde un modelado volumétrico, para calcular dimensiones, hasta un modelado complejo, indicando elementos de fabricación y equipos necesarios para su funcionamiento.

- Extracción de monóxido y renovación de aire
- Sistema de climatización

5.2.2.8.2. Modelado de sistemas de fluidos

- Sistema de gases medicinales
- Sistema de aire comprimido y vacío

5.2.2.8.2. Modelado de instalaciones eléctricas

- Sistema de fuerza
- Sistema de alumbrado y alumbrado de emergencia
- Sistema de tomacorrientes
- Sistema de acometida, transformación y alimentadores

5.2.2.8.2. Modelado de instalaciones de comunicaciones

- Sistema de voz, telefonía e intercomunicación
- Sistema de datos e imagen
- Sistema de CCTV

5.2.2.8.2. Modelado de instalaciones sanitarias

- Sistema de agua fría
- Sistema de agua caliente

- Sistema de desagüe y ventilación
- Sistema de agua contra incendios

5.2.2.9. Modelado de coordinación de especialidades

Se trata de un modelo de coordinación, el cual enlaza todos los modelos descritos previamente, a nivel volumétrico, a fin de detectar posibles interferencias, incompatibilidades u otros conflictos, para resolverlos, de manera inmediata si se trata de superposiciones simples; y en el caso de necesitar opinión técnica, se requiere exponer cada caso en las reuniones multidisciplinarias a fin de que los especialistas se pronuncien y lleguen a una solución concertada.

5.2.2.10. Modelado de Fases

Modelo usado durante la construcción, en el cual se atribuyen a los elementos de los modelos antes descritos propiedades de Fases, de acuerdo a la programación de obra, a fin de hacer una adecuada programación y seguimiento del proceso constructivo.

5.2.2.11. Modelado de metrados

Es el modelado de las distintas especialidades, cuyo fin es la cuantificación o metrado de los distintos elementos constructivos de cada especialidad.

Este modelado exige un trabajo mayor por tanto que se debe asignar a cada elemento modelado los parámetros y propiedades necesarias para su adecuada identificación, para llegar a una planilla de metrados adecuada, para lo cual se debe hacer un trabajo previo de elaboración de formatos de asignación de parámetros y darse a conocer a los modeladores antes del inicio de los trabajos, a fin de que a lo largo de todo el proceso se guíen por ello y se llegue a una cuantificación adecuada.

5.2.2.12. Modelado de construcción

Modelo de arquitectura con mayor desarrollo de detalles, usado como referencia para construir.

Este modelo puede incluir el modelo de estructuras e instalaciones vinculado como referencia externa, para ser usado como guía a la hora de tomar decisiones respecto a soluciones constructivas complejas.

5.2.2.13. Modelado “AS BUILT”

Modelo que recoge todas las modificaciones sufridas por los proyectos en el proceso de construcción, actualizados durante la etapa de construcción con las respectivas modificaciones efectuadas en obra, para representar un modelo BIM (Building Information Modeling) fidedigno con lo construido.

5.2.2.14. Modelado de mantención de instalaciones

Puesta en marcha del modelo “As Built”. Cuenta la descripción de todos los equipos mecánicos, eléctricos y trazados de instalaciones. El fin de este modelo es mantener en constante actualización las instalaciones del edificio, mediante una matriz de información que permite añadir datos sobre el ciclo de vida de los equipos o elementos instalados, programando avisos cuando sea necesario el mantenimiento preventivo o la renovación; también permite identificar los componentes en cuanto a sus especificaciones técnicas, de modo de reemplazar los equipos en mal estado acorde a las especificaciones originales de los proyectistas y mantener un registro de las modificaciones realizadas al inmueble.

Mínimamente, un proyecto BIM (Building Information Modeling) multidisciplinario para el fin que nos compete debería constar del modelado del entorno georreferenciado, y el modelado geométrico de las especialidades de Arquitectura, Estructura, Instalaciones Eléctricas, Sanitarias, y Mecánicas principales, con el fin de realizar la coordinación de

especialidades, necesario para evitar las interferencias y anticipar el montaje de secciones de instalaciones, un proceso susceptible de demoras y falta de información durante su ejecución en obra.

5.2.3 Sobre los niveles de desarrollo durante el proceso de implementación BIM:

La convención metodológica BIM (Building Information Modeling) dispone los Niveles de Desarrollo en función de la información que contenga el modelo, y es genérica, para cualquier tipo de proyecto. Estos niveles son:

LOD100: Los elementos no necesariamente tienen una representación gráfica, y no tienen información relacionada. Se puede establecer el uso de este nivel de desarrollo para redacción de Anteproyecto.

LOD200: En este nivel se definen gráficamente los elementos, especificando aproximadamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica.

Este nivel se correspondería con un Proyecto Básico de Arquitectura o Ingeniería.

LOD300: En este nivel se definen gráficamente los elementos, especificando de forma precisa cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto.

LOD400: Se añade información específica sobre la posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación con detalle completo.

Este nivel se puede asociar con el proceso de ejecución de la Obra donde irán surgiendo modificaciones o necesidades de definición del proyecto, como detalles constructivos.

LOD500: Se identifica con el nivel de proceso constructivo finalizado “as built”. Acumula toda la información de los anteriores. El criterio válido será definido por la propiedad y las normativas correspondientes.

Es de vital importancia la definición de los niveles de desarrollo, así como los niveles de detalle y el nivel de información que se producirá y gestionará durante el proceso. Ello debe planificarse anticipadamente por el BIM Manager de acuerdo a los alcances de cada proyecto específico, de acuerdo a sus necesidades reales y los términos contractuales de cada proyecto.

5.2.4 Sobre el Uso de Manuales BIM

Con el fin de asegurar que todos los participantes del Proyecto trabajen de manera similar, se debe adoptar un Manual de Estándares BIM (Building Information Modeling) en cada empresa, y muy particularmente para proyectos hospitalarios, dicho manual debe ser adaptado para cada especialidad o disciplina específica, lo cual es un proceso iterativo que se consolida a medida que se desarrollan varios proyectos, basándose en las lecciones aprendidas.

La función principal de tener un Manual BIM (Building Information Modeling) es mantener una serie de estándares premeditados, coordinado y actualizables para uniformizar el trabajo de distintos colaboradores, basado en la documentación, sus principales componentes incluyen:

- **Directorio de Carpetas:** Consiste en el sistema de carpetas y archivos, con su respectiva estructuración, ubicación, orden y nomenclaturas, que debe tener en cuenta el tipo de servidor a usarse (local o Internet), y los distintos proyectos que se desarrollen.
- **Nomenclaturas:** Es el sistema de denominación de todos los componentes del proyecto, desde los nombres de los proyectos, archivos, vistas, planos, hasta las librerías y familias a usarse. Debe obedecer a un ordenamiento lógico, y de preferencia fácil de interpretar y usar.
- **Estándares Gráficos:** Se refiere a la uniformización gráfica a usarse en el modelado, definiendo para ello una serie de criterios:

- Líneas: tipos, grosores, patrones, colores.
- Sombreados simbólicos: Patrones, redes, puntos, colores.
- Sombreados realistas: referidos a materiales concretos, como ladrillos, listones de madera, etc.
- Textos: Fuentes, tamaños, colores, asociados a distintas escalas.
- Cotas: Fuentes, símbolos, colores, asociados a distintas escalas.
- Tablas y leyendas: grosores de línea, fuentes de texto, colores, asociados a distintas escalas.
- Familias: Representación gráfica de las distintas familias a usarse en el modelado. Debe tenderse a la simplificación para no recargar el modelo.
- Grafismos: Refiere a los logotipos, diseños de membretes, firmas, etc.

Todos estos criterios de estandarización gráfica deben implementarse y comunicarse a todos los participantes en cada proyecto.

- Criterios de Modelado: Es el sistema de modelado a usar en cada disciplina, asociado a los niveles de representación y detalle, así como los criterios básicos de representación, respetando los procesos constructivos.
- Criterios de Coordinación: Es el sistema de relación entre los distintos modelados que componen un proyecto, los cuales deben compartir coordenadas idénticas, a fin de hacer posible la coordinación y la actualización o sincronización necesaria para el trabajo multidisciplinario. Estos criterios deben ser diseñados previamente por el BIM Manager dependiendo del proyecto, y ser comunicados a los distintos participantes.

5.2.5 Sobre el Uso de Plantillas

Se denomina Plantillas a los archivos iniciales que contienen la información mínima para iniciar un modelado. Se definen las plantillas por cada especialidad, y por defecto contienen los objetos típicos para cualquier proyecto. Sin embargo, lo ideal es personalizar

estas plantillas, bajo responsabilidad del BIM Manager, y adaptarlas a las necesidades de la empresa, en cuanto al modelado de proyectos hospitalarios, incluyendo la información específica para cada familia que a usarse en el proyecto.

Si la cartera de clientes de la empresa incluye edificaciones de distintos tipos, es aconsejable generar plantillas para cada tipo específico, e incluir en ellas las características y familias necesarias para cada caso, teniendo en cuenta que tanto los excesos como la falta de información en cada plantilla genera consultas y demoras durante el trabajo de modelado, lo cual se quiere evitar.

Cada plantilla contiene además las disciplinas y subdisciplinas para cada especialidad, lo cual se describe con mayor detalle en el apartado siguiente.

5.2.6 Sobre el uso de librerías

Las Librerías son la recopilación de distintos elementos, familias y archivos necesarios para el modelado BIM (Building Information Modeling). Dichas Librerías deben obedecer a un orden específico para cada especialidad, y pueden existir distintos tipos de librerías, dependiendo del nivel de desarrollo al que se deba llegar según el proyecto.

Las Familias contenidas en dichas Librerías pueden ser de dos tipos:

- **Familias Integradas:** Referidas a las familias integradas dentro de las plantillas, que representan objetos comunes a todos los proyectos. En este caso específico, podemos citar por ejemplo los muros, de los cuales en un edificio hospitalario se deben tener familias con atributos de materiales, tales como muros de albañilería, tabiques de drywall, etc.; y atributos especiales, tales como zócalos de cerámico, zócalos vinílicos, contrazócalos sanitarios; e incluso accesorios tales como protectores de camillas, esquineros, etc.

Otro ejemplo, en el campo de instalaciones, puede ser el caso de las tuberías, las cuales se pueden clasificar, por su disciplina, en tuberías de instalaciones eléctricas, sanitarias, gases, etc; y por su material, en tuberías de cobre, de PVC, de polipropileno, etc.

Por otro lado, estas familias tienen atributos paramétricos como diámetro, radio de uniones de tubos, conectividad, etc.

- Familias no Integradas: Referidas principalmente a las familias externas que representan objetos específicos de cada especialidad. Ellos se agrupan en carpetas, y obedecen a criterios definidos por el BIM Manager, para su uso en cada disciplina durante el modelado.

Estas familias de componentes constituyen un archivo cada una, que se puede cargar en el modelo y ser actualizable durante el proceso. Tienen parámetros de dimensionamiento, materiales y representación gráfica, los cuales deben ser mejorados paulatinamente por el equipo, previa coordinación.

Algunos ejemplos, en la disciplina de Arquitectura, son las ventanas, las cuales pueden estar agrupadas por el tipo de sistema a usarse, como ventanas corredizas, ventanas pivotantes; ventanas basculantes; por el tipo de material a usarse, como ventanas de madera, ventanas de aluminio, etc.; y dentro de cada familia debe contener sus distintos tipos, diferenciados principalmente por los tamaños de altura, ancho, etc.

Un ejemplo a citar en el campo de las instalaciones, son las familias de equipamiento, las cuales deben estar organizadas de acuerdo a la especialidad a la cual corresponden. Se recomienda que estas familias tengan un nivel de detalle bajo, ya que responderá principalmente a fines de representación espacial y conectividad con las tuberías y demás conectores. Sin embargo, es posible poner atributos de características, proveedores, costos, entre otros, a fin de mejorar el grado de información, independientemente del grado de detalle gráfico al cual se llegue. Algunos ejemplos de familias de equipos pueden ser las lámparas cialíticas, camas de hospitalización, cabeceras médicas, etc.

5.2.7 Modelado de Información para mejorar la Constructabilidad

De acuerdo a las oportunidades de mejora que se pueden lograr con el Modelado de Información aplicado al caso del Hospital de San Miguel-Ayacucho analizado previamente, y teniendo en cuenta los hallazgos logrados durante el modelado experimental de varias de sus especialidades, se disponen los siguientes Modelados específicos para un Hospital de estas características, con el fin de mejorar la Constructabilidad en los aspectos descritos en el diagnóstico correspondiente a este caso.

5.2.7.1 Modelado Geométrico por especialidad para solución de interferencias

Con el fin de resolver las interferencias de ubicación entre estructuras e instalaciones de distintas especialidades, se debe modelar cada una de ellas, independientemente de la etapa del Proyecto, a mayor nivel de desarrollo, se hará mayor la posibilidad de interferencias y conflictos, para lo cual el administrador de modelos debe cruzar todos los modelados mediante la opción Clash Detection, descartando las interferencias de origen gráfico, que en la realidad no tendrían que causar mayor problema; y escogiendo las interferencias reales que requieran consulta a los especialistas a fin de solucionarlas coordinadamente durante las sesiones ICE (Integrated Concurring Engineering) pactadas para tal fin, las cuales deberán ser citadas con antelación y tener una agenda específica centrada en los conflictos más apremiantes. Una vez se solucionen estos, se efectuarán las correcciones en el modelado y en los planos.

La presente propuesta se basa en modelado usando software Autodesk Revit, con sus respectivas ampliaciones de Revit Architecture, Revit Structure y Revit MEP, los cuales deben adaptarse de acuerdo a un adecuado sistema de nomenclaturas, rutas de archivos y matrices de información requerida para el caso en que se requiera obtener Metrados desde el Modelado.

Para este fin de solución de interferencias y de disponer información geométrica para sesiones ICE, se recomienda los siguientes grupos de modelos y niveles de desarrollo:

Modelo 01: Estructuras:

Código: ES-Nombreproyecto

Software: *Revit Structure*.

LOD: 300

Modelo 02: Arquitectura:

Código: AR-Nombreproyecto

Software: *Revit Architecture*

LOD: 300

Modelo 03: Instalaciones Sanitarias:

Código: IS-Nombreproyecto

Software: *Revit MEP*.

LOD: 300

Sistemas:

IS-Sistema de Agua Blanda

IS-Sistema de Agua Caliente (incluye recirculación)

IS-Sistema de Agua Fría

IS-Sistema de Desagüe de aguas grises

IS-Sistema de Ventilación

CI-Agua contra incendios

IG-Gas derivado de petróleo

IG-Sistema de GLP

SE-Sistema de Aire Comprimido

SE-Sistema de Gas Medicinal

SE-Sistema de Oxígeno

SE-Sistema de Vacío

Modelo 04: Instalaciones Eléctricas:

Código: IE-Nombreyproyecto

Software: *Revit MEP*.

LOD: 300

Sistemas:

CD-Bandeja General

CD-Sistema de Asistencia Médica

CD-Sistema de Cable TV

CD-Sistema de Data

CD_Sistema de Intercomunicación

CD-Sistema de Internet

CD-Sistema de Telefonía

IE-Bandeja General

IE-Sistema de Alimentadores de Tableros

IE-Sistema de Alumbrado

IE-Sistema de Alumbrado de Emergencia

IE-Sistema de Puesta a Tierra

IE-Sistema de Tomacorrientes

IE-Sistemas Especiales

SI-Bandeja General

SI-Sistema de Automatización

SI-Sistema de Circuito cerrado de Televisión

SI_Sistema de Control de accesos

SI-Sistema de Detección y Alarma contra Incendio

Estos sistemas se diferencian a su vez en subsistemas según se haga uso de bandejas o conductos empotrados. Ello deberá ser considerado previamente con el especialista a fin de desarrollar el modelado adecuadamente.

Modelo 04: Instalaciones Mecánicas:

Código: IM-Nombreproyecto

Software: *Revit MEP*.

LOD: 300

Sistemas:

AA-Sistema de Aire Acondicionado-Retorno

AA-Sistema de Aire Acondicionado-Suministro

AA-Sistema de Aire Quirófano-Retorno

AA-Sistema de Aire Acondicionado-Suministro

AA-Sistema de Calefacción-Retorno

AA-Sistema de Calefacción-Suministro

AA-Sistema de Drenaje

EM-Sistema de Ascensores

RA-Sistema de Extracción de Monóxido

RA-Sistema de Extracción de Servicios Higiénicos

RA-Sistema de Presurización de Escaleras

RA-Sistema de Ventilación Forzada-Extracción

RA-Sistema de Ventilación Forzada-Inyección

La pertinencia de incluir estos u otros sistemas se debe decidir por el proyectista y el BIM Manager previamente, a fin de crear los subsistemas necesarios en el modelado.

En base a la experiencia de Modelado del Hospital San Miguel, y teniéndose en cuenta los hallazgos descritos, se propone una secuencia lógica de modelado, una vez teniendo los proyectos de especialidades definidos en CAD (Computer-Aided Design).

Los insumos principales deben ser el modelado de Estructuras y Arquitectura, con todos los elementos estructurales definidos, así como los cerramientos de los ambientes, y la altura de entepiso y falso cielo raso definidos, a fin de dar paso al resto de modelados de especialidades.

En esta etapa, se proponen en el marco del Plan de Implementación un prototipo de nomenclatura para el modelado de los elementos de Arquitectura, replicables a todas las demás especialidades, en el cual, el código del elemento da información sobre el tipo de elemento, el material y alguna referencia de sus dimensiones o constitución. Además, se propone también información de cada elemento, referida al nivel en que se encuentra, el sector o Unidad Prestadora de Servicios a la que pertenece, entre otros, esto último en el caso de usar el modelado para obtener metrados o programación de obra, lo cual deberá ser definido por el Administrador de los Modelos, teniendo en consideración que a mayor detalle se ingrese en los modelos, será mayor el tiempo de trabajo que se requiera, y deberá ser consecuente con ello. Se adjuntan a continuación los modelos de Criterios de Modelado para diversos tipos de elementos de la especialidad de Arquitectura:

Tabla 23.
Cuadro de criterios de modelado para Muros.

CRITERIOS PARA MODELADO: MUROS			
<u>Nomenclatura</u>			
Type	MLCvv		
Elemento	Material	Posición	Carac. Especial
M: Muro	L: Ladrillo	KK: Cabeza	v: Caravista a un lado
		Ca: canto	vv: caravista a dos lados
		S: Soga	
Campos de Información Obligatoria por tipo de Elemento:			
Campo	Descripción	Ejemplo	
Nivel del Elemento	Nivel de Edificación	1° Nivel, 2° Nivel, 3° Nivel	
Sector	Código de Edificación	A-1, A-2, B-1, B-2; CP; Cl1	
Mark	Eje	Eje A, Eje B; Eje 1, Eje 2; Eje 1-2, Eje 12-15/A-B, etc.	
Type Comment	Nombre del Elemento (Igual que Type)	MLCvv	
Campos de Información obtenidos por defecto del Modelado:			
Área			
Longitud			
Altura			
CASOS TÍPICOS			
MUROS			CÓDIGO
MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA M:1:4 E=13 cm.			ML-S
MURO DE LADRILLO KK TIPO IV CABEZA M:1:4 E=23 cm			ML-C
MURO DE LADRILLO KK TIPO IV CANTO M:1:4 E=9 cm			ML-Ca
MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA CARAVISTA UNA CARA M:1:4 E=1.5cm			ML-Sv
MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA CARAVISTA DOS CARAS M:1:4 E=1.5cm			ML-Svv
MURO DE LADRILLO KK TIPO IV CABEZA CARAVISTA UNA CARA M:1:4 E=1.5cm			ML-Cv
MURO DE LADRILLO KK TIPO IV CABEZA CARAVISTA DOS CARAS M:1:4 E=1.5cm			ML-Cvv
MURO DE LADRILLO DE CANTO-SARDINEL			ML-CaSa

Nota: Elaboración propia

Tabla 24.
Cuadro de criterios de modelado para Tabiques.

CRITERIOS PARA MODELADO: TABIQUES			
<u>Nomenclatura</u>			
Type	TYST15		
	Elemento	Material	Tipo
	T: Tabique	Y: Yeso	ST: Standard
		F: Fibroceme	RH: Resist. Humedad
			RF: Resist. Fuego
Campos de Información Obligatoria por tipo de Elemento:			
Campo	Descripción	Ejemplo	
Nivel del Elemento	Nivel de Edificación	1° Nivel, 2° Nivel, 3° Nivel	
Sector	Código de Edificación	A-1, A-2, B-1, B-2; CP; CI1	
Mark	Eje	Eje A, Eje B; Eje 1, Eje 2; Eje 1-2, Eje 12-15/A-B, etc.	
Type Comment	Nombre del Elemento (Igual que Type)	TYST15	
Campos de Información obtenidos por defecto del Modelado:			
Área			
Longitud			
Altura			
CASOS TÍPICOS			
TABIQUES	CÓDIGO		
TABIQUE DE YESO ST 12mm	TY-ST12		
TABIQUE DE YESO ST 15mm	TY-ST15		
TABIQUE DE YESO RH 12mm	TY-RH12		
TABIQUE DE YESO RF 15mm	TY-RF15		
TABIQUE DE FIBROCEMENTO 8mm	TF-8		
TABIQUE DE FIBROCEMENTO 10mm	TF-10		
PLANCHA DE MELAMINE 18mm	TMe-18		
<i>Nota:</i> Elaboración propia			

Tabla 25.
Cuadro de criterios de modelado para Revoques y Enlucidos.

CRITERIOS PARA MODELADO: REVOQUES Y REVESTIMIENTOS			
<u>Nomenclatura</u>			
Type	TaMEIm		
Elemento	Aplicación	Ubicación	Caract. Especial
T: Tarrajeo	M: Muro	E: Exterior	Im: Impermeabilizante
	Pa: Placa	I: Interior	
	Co: Columna		
	Vi: Viga		
Campos de Información Obligatoria por tipo de Elemento:			
Campo	Descripción	Ejemplo	
Nivel del Elemento	Nivel de Edificación	1° Nivel, 2° Nivel, 3° Nivel	
Sector	Código de Edificación	A-1, A-2, B-1, B-2; CP; CI1	
Mark	Eje	Eje A, Eje B; Eje 1, Eje 2; Eje 1-2, Eje 12-15/A-B, etc.	
Type Comment	Nombre del Elemento (Igual TaMEIm)		
Campos de Información obtenida			
Área			
Longitud			
Altura			

CASOS TÍPICOS

TARRAJEOS	CÓDIGO
TARRAJEO DE MUROS C:A 1: 4 E=1.5 cm CARA EXTERIOR	Ta-ME
TARRAJEO DE PLACAS C:A 1: 4 E=1.5 cm CARA INTERIOR	Ta-MI
TARRAJEO DE PLACAS C:A 1: 4 E=1.5 cm	Ta-Pa
TARRAJEO DE COLUMNAS C:A 1: 4 E=1.5 cm	Ta-Co
TARRAJEO DE VIGAS C:A 1: 4 E=1.5 cm	Ta-Vi
TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	Ta-im
TARRAJEO EN CANALETA DE EVACUACION PLUVIAL C:A 1:4 E=1.5 CM	Ta-Cp
VESTIDURA DE DERRAMES HORIZONTALES e=0.15m	De-H 15
VESTIDURA DE DERRAMES VERTICALES e=0.25m	De-V 25

Nota: Elaboración propia

Tabla 26.
Cuadro de criterios de modelado para Zócalos y Contrazócalos.

CRITERIOS PARA MODELADO: ZÓCALOS Y CONTRAZÓCALOS		
Nomenclatura		
Type	ZoCe60x60	
Elemento	Material	Medidas Ancho x Altura(cm)
Zo: Zócalo	Ce: Cerámico	60x60
Cz: Contrazócalo	Cp: Cemento Pulido	27x45
	Ma: Madera	
Campos de Información Obligatoria por tipo de Elemento:		
Campo	Descripción	Ejemplo
Nivel del Elemento	Nivel de Edificación	Nivel
Sector	Código de Edificación	Bloque 1, Bloque 2, Bloque 3; Bloque A, Bloque B, Bloque C
Mark	Nombre del Ambiente	Obstetricia, Med. General, Odontología, etc.
Type Comment	Nombre del Elemento (Igual que Type)	ZoCe60x60
Campos de Información obtenidos por defecto del Modelado:		
Área		
Longitud		
Altura		
CASOS TÍPICOS		
TARRAJEOS		CÓDIGO
ZÓCALOS		
ZÓCALO DE CERÁMICO 27X45cm		Zo-Ce27x45
ZÓCALO DE GRES PORCELÁNICO 60 x 34 cm		Zo-Gr34x60
CONTRAZOCALOS		
CONTRAZÓCALO SANITARIO DE TERRAZO PULIDO		Cz-ST
CONTRAZÓCALO DE CEMENTO PULIDO		Cz-Cp
CONTRAZÓCALO DE CERAMICO DE 60x60cm H=0.10m		Cz-Ce60x60
CONTRAZÓCALO DE CERAMICO DE 45X45cm H=0.10 m		Cz-Ce45x45
CONTRAZÓCALO DE MADERA CEDRO DE 3/4" X 2" CON RODON DE 3/4"		Cz-Ma

Nota: Elaboración propia

Tabla 27.
Cuadro de criterios de modelado para Falsos Cielos.

CRITERIOS PARA MODELADO: FALSOS CIELOS

Nomenclatura		
Type	FcBa12	
Elemento	Material o Tipo	Espesor (mm)
Fc: Falso Cie	Ba: Baldosa Acústica	8
	Ye: Plancha de Yeso	12
	Fi: Fibrocemento	
Campos de Información Obligatoria por tipo de Elemento:		
Campo	Descripción	Ejemplo
Nivel del Elemento	Nivel de Edificación	Nivel
Sector	Código de Edificación	Bloque 1, Bloque 2, Bloque 3; Bloque A, Bloque B, Bloque C
Mark	Nombre del Ambiente	Obstetricia, Med. General, Odontología, etc.
Type Comment	Nombre del Elemento (Igual que Type)	FcBa12
Campos de Información obtenidos por defecto del Modelado:		
Área		
Longitud		
Altura		
CASOS TÍPICOS		
CIELORRASOS SUSPENDIDOS	CÓDIGO	
FALSO CIELORRASO: BALDOSAS DE 0.61 x 0.61 m E=12 mm	Fc-Ba12	
FALSO CIELORRASO: PLANCHA DE YESO RESISTENTE AL MOHO DE 3/8" DE ESPESOR ACABAD	Fc-Ye3/8"	
FALSO CIELORRASO: PLANCHA DE FIBROCEMENTO E=5mm	Fc-Fi5	

Nota: Elaboración propia

Tabla 28.
Cuadro de criterios de modelado para Pisos y Pavimentos.

CRITERIOS PARA MODELADO: PISOS Y PAVIMENTOS				
Type	Nomenclatura			
	Pisos con Acabado			
	PiCe60x60			
	Elemento	Material o Tipo	Dimensiones	
			Cm	mm Pulgadas
	Pi: Piso	Ce: Cerámico	60x60	
		Gr: Gres porcelánico	60x60	
		La: Madera laminada		11
		Ma: Machihembrado		1"
		Pisos de Cemento		
	PiCfb50			
Elemento	Material o Tipo	Espesor (mm)		
Pi: Piso	Cfb: Cemento frotachado y bruñado	50		
	Cpb: Cemento pulido y bruñado	50		
	Cpe: Cemento pulido con endurecedor	50		
	Pisos Exteriores			
	PiAd60			
Elemento	Material o Tipo	Espesor (mm)		
Pi: Piso	Ad: Adoquines de concreto	50		
	Cr: Canto rodado	50		
Campos de Información Obligatoria por tipo de Elemento:				
Campo	Descripción	Ejemplo		
Nivel del Elemento	Nivel de Edificación	Sótano 1; Sótano 2; Primer Nivel, Segundo Nivel, Tercer Nivel		
Sector	Código de Edificación	Bloque 1, Bloque 2, Bloque 3; Bloque A, Bloque B, Bloque C		
Mark	Nombre del Ambiente	Obstetricia, Med. General, Odontología, etc.		
Type Comment	Nombre del Elemento	PiCe60x60		
Campos de Información obtenidos por defecto del Modelado:				
Área				
Longitud				
Altura				
CASOS TÍPICOS				
PISOS		CÓDIGO		
ENCHAPES Y LAMINADOS				
PISO CERAMICO 60x60cm; ANTIDESLIZANTE DE ALTO TRANSITO		Pi-Ce60x60		
PISO CERAMICO 45x45cm; ANTIDESLIZANTE DE ALTO		Pi-Ce45x45		
PISO GRES PORCELANICO 60x60cm; ANTIDESLIZANTE DE ALTO TRANSITO		Pi-Gr60x60		
PISO LAMINADO DE 11MM		Pi-La11		
PISOS DE CONCRETO				
PISO DE CEMENTO PULIDO Y BRUÑADO E= 2" S/COLOREAR		Pi-Cpb2"		
PISO DE CEMENTO PULIDO CON ENDURECEDOR E=5cm		Pi-Cpe5		
PISO DE CEMENTO FROTACHADO Y BRUÑADO E=5cm		Pi-Cfb5		
PISO DE CEMENTO IMPERMEABILIZANTE E=5cm		Pi-Cimp		
PISO DE CANTO RODADO		Pi-Cr3"		
ADOQUINES DE CONCRETO COLOR 20x10x6 cm		Pi-Ac6		
PATIO DE CONCRETO FC=175KG/CM2 E=5" FROTACHADO Y BRUÑADO		Pi-Cfb5"		

Nota: Elaboración propia

Tabla 29.
Cuadro de criterios de modelado para Carpintería Metálica.

CRITERIOS PARA MODELADO: CARPINTERIA METALICA					
Nomenclatura					
Baranda de Fierro Negro					
Type	BaFNØ2"	BaFNL1 1/2"			
Elemento	Material o Tipo		Dimensiones		
			Cm	mm	Pulgadas
Ba: Baranda	FNØ: Fierro Negro Redondo				2"
	FNL: Fierro Negro Perfil L				1 1/2"
Reja de Fierro Negro					
Type	ReFNØ2"	ReFNL1 1/2"			
Elemento	Material o Tipo		Dimensiones		
			Cm	mm	Pulgadas
Re: Reja	FNØ: Fierro Negro Redondo				2"
	FNL: Fierro Negro Perfil L				1 1/2"
Campos de Información Obligatoria por tipo de Elemento:					
Campo	Descripción	Ejemplo			
Nivel del Elemento	Nivel de Edificación	Sótano 1; Sótano 2; Primer Nivel, Segundo Nivel, Tercer Nivel			
Sector	Código de Edificación	Bloque 1, Bloque 2, Bloque 3; Bloque A, Bloque B, Bloque C			
Mark	Nombre del Ambiente	Obstetricia, Med. General, Odontología, etc.			
Type Comment	Nombre del Elemento (Igual que Type)	BaFNL1 1/2"			
Campos de Información obtenidos por defecto del Modelado:					
Longitud					
Altura					
CASOS TÍPICOS					
CARPINTERIA METALICA					CÓDIGO
BARANDA DE FIERRO NEGRO					
BARANDA DE FIERRO NEGRO DE DIAMETRO 2"					BaFNØ2"
BARANDA DE PERFIL METÁLICO L 1 1/2"					BaFNL1 1/2"
REJA METÁLICA DE FIERRO NEGRO					
REJA DE FIERRO NEGRO DE DIAMETRO 2"					ReFNØ2"
REJA DE PERFIL METÁLICO L 1 1/2"					ReFNL1 1/2"

Nota: Elaboración propia

El objetivo de esta nomenclatura de elementos es lograr la sistematización de la información, dado que el software permite hacer tablas de metrados agrupando los elementos de acuerdo a distintos criterios; y por otro lado, establecer un lenguaje unificado, de modo que se disminuyan las ambigüedades producto de la intervención de distintas personas. Una vez sentadas las reglas, los modeladores deberán seguir estos parámetros de modelado con tanta información como amerite el caso, y a decisión del Administrador BIM, quien debe generar las plantillas de modelado acorde a estos criterios para su posterior uso por todos los modeladores.

Como mencionamos antes, esta estandarización de nomenclaturas es replicable para todas las demás especialidades, siendo que en la mayoría las partidas son repetitivas, y dependerá del grado de detalle al que se busque llegar ya sea por solicitud del demandante o por iniciativa propia o de investigación.

Asimismo, la estandarización de lenguaje gráfico resulta útil, todo lo cual es posible mediante la creación de plantillas predeterminadas que se socialicen entre los modeladores de las distintas especialidades.

Una vez definidos los estándares gráficos, y a poder ser, un manual de trabajo BIM (Building Information Modeling) personalizado, se desarrollan las demás especialidades teniendo como insumo el Modelo de Estructuras y Arquitectura.

En función de la experiencia previa de Modelado del Hospital San Miguel, se plantea el siguiente Orden lógico de modelado, como se había dicho, con orden según la criticidad de cada especialidad, teniendo cada una de ellas subsistemas definidos.

A saber, las instalaciones de Desagüe deben modelarse en primer lugar, dado que las montantes de desagüe deben ser ininterrumpidas tanto horizontal como verticalmente; un vez terminado, se puede empezar con la especialidad de Eléctricas, dado que la posición de luminarias condiciona los espacios circundantes en el falso techo, al igual que los terminales

de aire acondicionado, que pueden modelarse simultáneamente con las luminarias, a fin de evitar interferencias. A continuación de estos subsistemas, se pueden desarrollar todos los demás, con un orden de jerarquía menor, dado que la distribución de conductos y cableados de estos pueden ser manejables.

Se esquematiza esto en el siguiente cuadro, que describe los distintos modelos que componen el proyecto, con sus respectivos subsistemas y el orden propuesto en que se deben realizar los modelados, y en orden de jerarquía según lo crítico o no que sea el caso.

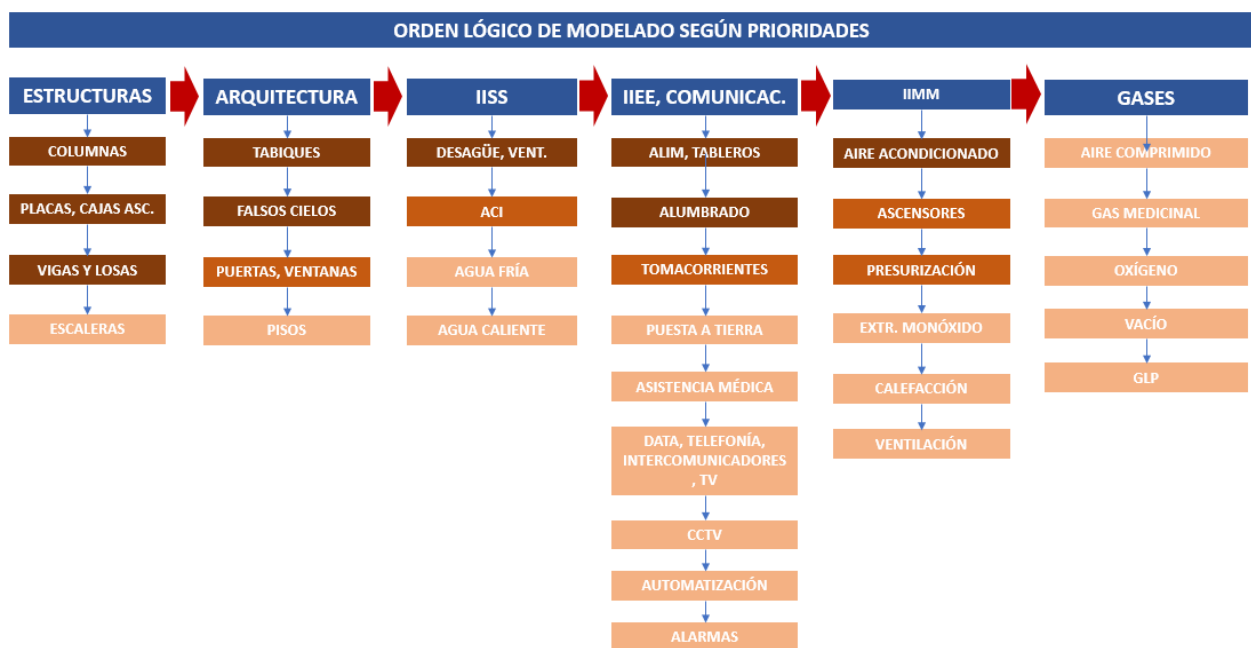


Figura 64. Esquema de Orden Lógico de Modelado BIM de un Edificio Hospitalario. Fuente: Elaboración propia.

Todo ello dentro del marco descrito anteriormente, en el cual, el objetivo final es mejorar la Constructabilidad por tanto que se reduce la incertidumbre al tener los elementos modelados y compatibilizados.

A este respecto, si se tienen los modelos con la información paramétrica pertinente, es posible usarlos para Programación y Seguimiento de Obra, más el presente trabajo no ahonda en ese proceso. Sin embargo, es posible asignar parámetros a los subsistemas para mejorar la procura durante la obra, sin asignarle el parámetro de tiempo, sino de subsistema al que

pertenece. Por ejemplo, en Aire Acondicionado, es posible asignar propiedades a todos los ductos que convergen hacia cada Unidad de Tratamiento de Aire, posibilitando así su gestión durante la obra, en cuanto cálculo de material, dimensiones, y posición geométrica exacta dentro del modelo, por lo cual, en suma, se mejora la Constructabilidad.

5.2.8 Presupuesto estimado de Equipo BIM para Modelado Geométrico por especialidad.

En base a la experiencia Caso de estudio N° 06: Hospital de San Miguel-Ayacucho-Perú, realizamos un presupuesto estimado del costo del Equipo BIM (Building Information Modeling) necesario para el modelado del Proyecto de cada una de las especialidades. Para la estimación de costos se tuvo en cuenta el plazo de entrega contractual que se tuvo en el Hospital de San Miguel que fue de 120 días calendario. El uso de BIM (Building Information Modeling) para el presupuesto nos permite optimizar los tiempos del Equipo BIM ya que la pronta detección de incompatibilidades e interferencias disminuirá el re trabajo que ocurrido en un proyecto realizado en CAD (Computer-Aided Design).

Tabla 30.
Presupuesto estimado de Diseño con Modelado BIM.

Item	Descripción	Equipo	Etapas				Cantidad (meses)	Costo S/.	Total
			Anteproyecto	Proyecto Revisión 1	Proyecto Revisión 2	Proyecto Revisión 3			
Participantes del Proyecto BIM									
		ARQ JEFE PROYECTO	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	15,000	60,000
		Gerente de Proyectos BIM	0.50	0.50	0.50	0.50	2.00	8,000	16,000
		Revisor BIM	0.50	0.50	0.50	0.50	2.00	6,000	12,000
		Coordinador BIM	0.50	0.50	0.50	0.50	2.00	5,000	10,000
	Estudios Basicos	TOPOGRAFIA							35,000
		ESTUDIO DE SUELOS							30,000
		SEGURIDAD							20,000
		ESTUDIOS CAPACITACIONES							20,000
		ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL							40,000
1 Modelo 01: Estructuras:									
Código: ES-Nombreproyecto									
Software: <i>Revit Structure</i> .									
LOD: 300									
		Ingeniero Estructural	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	8,000	32,000
		Ingeniero Estructural Asist.	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	6,000	24,000
		Modelador de Estructuras	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	3,000	12,000
		Modelador de Estructuras		1.00	1.00	1.00	3.00	3,000	9,000
2 Modelo 02: Arquitectura:									
Código: AR-Nombreproyecto									
Software: <i>Revit Architecture</i>									
LOD: 400									
		Arquitecto especialista	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	10,000	40,000
		Arquitecto 1	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	5,000	20,000
		Arquitecto 2		1.00	1.00	1.00	3.00	5,000	15,000
		Modelador de Arquitectura	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	3,000	12,000
		Modelador de Arquitectura		1.00	1.00	1.00	3.00	3,000	9,000
		Modelador de Arquitectura			1.00	1.00	2.00	3,000	6,000
		Modelador de Arquitectura				1.00	1.00	3,000	3,000
3 Modelo 03: Instalaciones Sanitarias:									
Código: IS-Nombreproyecto									
Software: <i>Revit MEP</i> .									
LOD: 300									
		Ing. Sanitario	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	6,500	26,000
		Ing. Mecánico	0.50	0.50	0.50	0.50	2.00	6,500	13,000
	Sistemas:								
	IS-Sistema de Agua Blanda	Modelador MEP		0.17	0.17	0.17	0.51	3,000	1,530
	IS-Sistema de Agua Caliente (incluye recirculación)	Modelador MEP		0.17	0.17	0.17	0.51	3,000	1,530
	IS-Sistema de Agua Fría	Modelador MEP		0.17	0.17	0.17	0.51	3,000	1,530
	IS-Sistema de Desagüe de aguas grises	Modelador MEP		0.17	0.17	0.17	0.51	3,000	1,530
	IS-Sistema de Ventilación	Modelador MEP		0.17	0.17	0.17	0.51	3,000	1,530
	CI-Agua contra incendios	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	IG-Gas derivado de petróleo	Modelador MEP		0.17	0.17	0.17	0.51	3,000	1,530
	IG-Sistema de GLP	Modelador MEP		0.17	0.17	0.17	0.51	3,000	1,530
	SE-Sistema de Aire Comprimido	Modelador MEP		0.17	0.17	0.17	0.51	3,000	1,530
	SE-Sistema de Gas Medicinal	Modelador MEP		0.17	0.17	0.17	0.51	3,000	1,530
	SE-Sistema de Oxígeno	Modelador MEP		0.17	0.17	0.17	0.51	3,000	1,530
	SE-Sistema de Vacío	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350

Item	Descripción	Equipo	Etapas				Cantidad (meses)	Costo \$/.	Total
			Anteproyecto	Proyecto Revisión 1	Proyecto Revisión 2	Proyecto Revisión 3			
4	Modelo 04: Instalaciones Eléctricas:								63,000
	Código: IE-Nombreproyecto Software: <i>Revit MEP</i> . LOD: 300								
		Ing. Esp. en Inst. Eléctricas	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	6,250	25,000
		Ing. Esp. en Comunicaciones	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	5,000	20,000
	Sistemas:								
	CD-Bandeja General	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	CD-Sistema de Asistencia Médica	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	CD-Sistema de Cable TV	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	CD-Sistema de Data	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	CD_Sistema de Intercomunicación	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	CD-Sistema de Internet	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	CD-Sistema de Telefonía	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	IE-Bandeja General	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	IE-Sistema de Alimentadores de Tableros	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	IE-Sistema de Alumbrado	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	IE-Sistema de Alumbrado de Emergencia	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	IE-Sistema de Puesta a Tierra	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	IE-Sistema de Tomacorrientes	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	IE-Sistemas Especiales	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	SI-Bandeja General	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	SI-Sistema de Automatización	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	SI-Sistema de Circuito cerrado de Televisión	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	SI_Sistema de Control de accesos	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
	SI-Sistema de Detección y Alarma contra Incendio	Modelador MEP		0.10	0.10	0.10	0.30	3,000	900
5	Modelo 05: Instalaciones Mecánicas:								30,500
	Código: IM-Nombreproyecto Software: <i>Revit MEP</i> . LOD: 300								
		Ing. Mecánico	0.50	0.50	0.50	0.50	2.00	6,250	12,500
	Sistemas:								
	AA-Sistema de Aire Acondicionado-Retorno	Modelador MEP		0.20	0.20	0.20	0.60	3,000	1,800
	AA-Sistema de Aire Acondicionado-Suministro	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	AA-Sistema de Aire Quirófano-Retorno	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	AA-Sistema de Aire Acondicionado-Suministro	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	AA-Sistema de Calefacción-Retorno	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	AA-Sistema de Calefacción-Suministro	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	AA-Sistema de Drenaje	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	EM-Sistema de Ascensores	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	RA-Sistema de Extracción de Monóxido	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	RA-Sistema de Extracción de Servicios Higiénicos	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	RA-Sistema de Presurización de Escaleras	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	RA-Sistema de Ventilación Forzada-Extracción	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	RA-Sistema de Ventilación Forzada-Inyección	Modelador MEP		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
6	Modelo 06: Equipamiento Hospitalario:								33,000
	Código: EH-Nombreproyecto Software: <i>Revit Architecture</i> LOD: 100								
		Esp. en Equipamiento Hospitalario	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	6,000	24,000
	Sistemas:								
	EH-Equipamiento Biomédico	Modelador de Arquitectura		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	EH-Equipamiento Complementario	Modelador de Arquitectura		0.15	0.15	0.15	0.45	3,000	1,350
	EH-Equipamiento Electromecánico	Modelador de Arquitectura		0.14	0.14	0.14	0.42	3,000	1,260
	EH-Equipamiento Informático	Modelador de Arquitectura		0.14	0.14	0.14	0.42	3,000	1,260
	EH-Instrumental Médico	Modelador de Arquitectura		0.14	0.14	0.14	0.42	3,000	1,260
	EH-Equipamiento m. Administrativo	Modelador de Arquitectura		0.14	0.14	0.14	0.42	3,000	1,260
	EH-Equipamiento Mobiliario Clínico	Modelador de Arquitectura		0.14	0.14	0.14	0.42	3,000	1,260
	EH-Equipamiento Vehicular	Modelador de Arquitectura					0.00	3,000	0
7	Especialidad 07: Metrados y Presupuesto:								45,000
		Esp. en Presupuestos y Metrados		1.00	1.00	1.00	3.00	8,000	24,000
	Metrados	Metrador BIM		1.00	1.00	1.00	3.00	3,000	9,000
	Metrados	Metrador BIM			1.00	1.00	2.00	3,000	6,000
	Metrados	Metrador BIM				1.00	1.00	2,000	6,000
	TOTAL								653,500

Nota: Elaboración propia

De la Tabla 30. Presupuesto estimado de Equipo BIM para Modelado Geométrico por especialidad, tenemos que el costo total del Equipo BIM necesario para el Modelado del Proyecto es S/. 653.500, esto contrastado a la cantidad de área techada del proyecto que es 10,000m² aproximadamente nos da un costo de **65** soles por **m²** modelado.

Tabla 31.

Comparativo proyecto desarrollado en CAD y Proyecto Desarrollado en BIM.

Ítem	Descripción	Proyecto en CAD S/.	Proyecto en BIM S/.
	Gerencia del Proyecto	245,000	243,000
1	Especialidad 01: Estructuras	80,000	77,000
2	Especialidad 02: Arquitectura	128,000	105,000
3	Especialidad 03: Instalaciones Sanitarias	49,000	57,000
4	Especialidad 04: Instalaciones Eléctricas	67,600	63,000
5	Especialidad 05: Instalaciones Mecánicas	49,000	30,500
6	Especialidad 06: Equipamiento Hospitalario	33,000	33,000
7	Especialidad 07: Metrados y Presupuesto	68,000	45,000
TOTAL		719,600	653,500
AREA PROYECTO = 10,000 m ²		S/ 72	S/ 65

Nota: Elaboración propia

De la tabla 30, se evidencia que, en esta experiencia, existe una diferencia en costos entre la metodología tradicional y la propuesta en BIM (Building Information Modeling), esto debido principalmente a que en el método tradicional se tuvieron que hacer muchos retrabajos, y que a pesar de esto el resultado final no tuvo mayor precisión y detalle que facilitaría a futuro en la ejecución de obra. Con la propuesta BIM (Building Information Modeling) evidencia un costo menor gracias a la disminución de retrabajos, además que nos ofrece una precisión mucho mayor, la información actualizada de acuerdo a las necesidades, por ser un proyecto vivo, esta precisión en la información nos será de gran ayuda desde el inicio del proyecto hasta la ejecución de obra.

5.3 Análisis Costo Beneficio para el Consultor

De la tabla 17., tenemos el costo de inversión incurrido para el desarrollo del Estudio Definitivo del Hospital San Miguel que fue de S/. 719,600.

De la Tabla 30., tenemos el costo de inversión estimado para el desarrollo del Estudio definitivo del Hospital de San Miguel utilizando BIM que es de S/. 653,500.

Tabla 32.

Diferencia de costo del desarrollo de Estudio Definitivo sin BIM y con BIM.

Descripción	Parcial
Desarrollo de Estudio Definitivo sin BIM	S/ 719,600.00
Desarrollo de Estudio Definitivo con BIM	S/ 653,500.00
F.C.	S/ -66,100.00

Nota: Elaboración propia

El Costo beneficio para el Consultor es mayor con la implementación de BIM, ya que se visualiza un ahorro de S/. 66.100, en el desarrollo del Estudio Definitivo del Hospital de San Miguel.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones

Se han llegado a las siguientes Conclusiones:

- Del Objetivo general, se ha podido establecer según el análisis de los casos presentados, que, a mayor complejidad que implica las distintas especialidades de un edificio hospitalario, es mayor el costo de modelado, el grado de dificultad de manejo de la información, pero igualmente, son mayores los beneficios, se mejora la constructabilidad y se hacen más predecibles los procesos constructivos al contar con un modelado virtual, y se minimizan los riesgos asociados a información deficiente que es típica de un proyecto realizado de manera convencional
- De objetivo específico 1, del Análisis casuístico se concluye que en todos los hospitales, debido a la información deficiente e insuficiente de sus expedientes técnicos respectivos, fue necesario entrar a etapas de consultas mediante el empleo de RFI's (Request For Information), adicionales de obra y plazo. En los casos analizados se excedido en el plazo de ejecución hasta el 100% del plazo contractual. En cuanto a los costos se reflejaron incrementos superiores al 25% en promedio. Estos incrementos de plazo y costo fue debido principalmente que los detalles y metrados realizados durante la etapa de Expediente Técnico no reflejaban la necesidad real para concretar los distintos componentes físicos de las obras respectivas, demostrándose la deficiencia de información de los Expedientes técnicos desarrollados por la metodología tradicional.
- Del objetivo específico 2, del análisis de los casos internacionales, se concluye que, a mayor complejidad que implica las distintas especialidades de un edificio hospitalario, es mayor el costo de modelado, el grado de dificultad de manejo de la información, pero igualmente, son mayores los beneficios, se mejora la constructabilidad y se hacen más predecibles los procesos constructivos al contar con un modelado virtual, y se minimizan los

riesgos asociados a información deficiente que es típica de un proyecto realizado de manera convencional.

- Del objetivo específico 3, en lo referente al proyecto relacionado de manera tradicional, en el proceso de modelado del Hospital San Miguel de Ayacucho, se ha identificado una serie de hallazgos que permiten evidenciar las diferencias entre un proyecto realizado de manera convencional, y su modelado en BIM (Building Information Modeling), evidenciando sus impactos en términos económicos, los cuales son posibles de mejorar mediante una implementación BIM (Building Information Modeling). En la comparación económica del costo de inversión estimado para el desarrollo del Estudio definitivo del Hospital de San Miguel utilizando el método tradicional es de S/. 719,600, mientras que el costo de inversión estimado para el desarrollo del Estudio definitivo del Hospital de San Miguel utilizando BIM que es de S/. 653,500, lo que representa un ahorro de costos de S/ 66,100. También del análisis económico realizado, se concluye que la implementación BIM tiene un costo que la mayoría de empresarios en nuestro medio considera determinante para su margen de utilidad, sin embargo, comparando con los beneficios de ahorro de tiempo y exactitud en los metrados, se concluye que es una inversión fructífera.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda la aplicación de la metodología BIM en la planificación de la constructibilidad de proyectos de infraestructura de hospitales debido a que permite gestionar adecuadamente la información producida durante la obra, referida a dificultades por deficiente o insuficiente información, y ocurrencias de obra, dado que estos registros ayudan a un análisis posterior y para el control, tanto de la entidad, como de terceros, tales como investigadores.
- Se recomienda hacer uso de un análisis de casuística en la ejecución de los proyectos de infraestructura de hospitales para poder establecer las causas del incremento de costos y

plazos para poder adaptarse a las distintas realidades de cada caso específico, y generando una metodología propia de cada empresa para lograr la mejora de sus procesos. Asimismo se recomienda alentar el trabajo multidisciplinario coordinado, a fin de lograr que la eficiencia lograda en el modelado virtual de la edificación se traduzca en obra.

- Se recomienda a los colegios profesionales alentar iniciativas de sensibilización y promoción sobre el uso de la herramienta BIM debido a que ya es usado internacionalmente en casi la totalidad de proyectos debido a que se tiende a la optimización de la construcción de estos edificios que por su complejidad, lo ameritan, haciendo énfasis en los beneficios económicos que a la larga se pueden lograr mediante la implementación BIM, teniendo en cuenta el análisis realizado, así como otros de similar tenor.
- Se recomienda realizar análisis comparativos al concluir las obras en nuestro medio que hayan usado BIM durante sus etapas, a fin de identificar puntualmente los beneficios en cuanto a costos y plazos de ejecución, para permitir el uso de dicha información como medio de control interno, para cuantificar los ahorros de costos de la aplicación de la metodología BIM, que a medida que se vaya especializando en nuestro medio, permitirán mayores ahorros de costos.

Bibliografía

Publicaciones:

- Brad Hardin y Dave McCool (2015): BIM and Construction Management. Proven tools, methods, and workflows. Estados Unidos, Wiley.
- KYNMELL, Willem (2008): Building Information Modeling (BIM). EEUU, Mc Graw Hill.
- Rick Best & Gerald The Valence (2002): Construction, Building in Value". Edit. Butterworth-Heinemann, London England.
- Alfonso Casares (2012): Arquitectura Sanitaria y Hospitalaria. Escuela Nacional de Sanidad, España.
- Celso Bambarén Alatrística, Socorro Alatrística de Bambarén (2008): Programa Médico Arquitectónico para el Diseño de Hospitales Seguros. SINCO Editores, Lima.
- Coloma Picó, E. (2008): Introducción a la tecnología BIM. Barcelona: Department d'Expressió Gráfica Arquitectónica, Escola Técnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya.

Trabajos de investigación:

- Fabián Andrés Riquelme Fernández (2015): Towards Social Big BIM in Hospital Projects. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Jason D. Lucas (2012): An Integrated BIM Framework to Support Facility Management in Healthcare Environments. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Hannes Lindblad (2013): Study of the implementation process of BIM in construction projects. Real Instituto de Tecnología, Estocolmo.
- Rodolfo Omar Luis Saldias Silva (2010): Estimación de los Beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM. Universidad de Chile.
- Bryan James Walrath (2007): A project Planning Guide for Healthcare Facility Owners. Georgia Institute of Technology.
- María Teresa Tapia García (2012): La Constructabilidad y su Administración en empresas de Infraestructura de México" Universidad Nacional Autónoma de México.
- Víctor Gordillo Otárola (2014): Evaluación de la Gestión de Proyectos en el Sector Construcción del Perú. Universidad de Piura.
- Carla Monfort Pitarch (2015): Impacto del BIM en la Gestión del Proyecto y la Obra de Arquitectura. Universidad Politécnica de Valencia.
- Alfonso Mojica Arboleda, Diego Fernando Valencia Rivera (2012): Implementación de las Metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá. Pontificia Javeriana de Bogotá.

Elizabeth Jiménez de León (1997): Plan Maestro de Arquitectura Hospitalaria. Universidad Simón Bolívar, Colombia.

Papers:

Khanzode, Atul; Fischer, Martin and Reed Dean (2008): “Benefits and lessons learned of implementing BIM and VDC technologies for Coordination of MEP Systems on a large Healthcare Project”. ITcon Vol. 13 (2008).

Manning, R., & Messner, J. (2008): “Case studies in BIM implementation for programming of Healthcare Facilities”. ITcon.

Thompson, D.B. and Miner, R.G. (November 23, 2007). “Building Information Modeling – BIM: Contractual Risks are Changing with Technology”

BUILDINGSMART (2014). SPANISH JOURNAL OF BIM. Badajoz: Grafiex.

Fischer, M. Kunz, J. (November 12, 2006). “The Scope and Role of Information Technology in Construction”.

Young, Norbert X, Stephen A. Jones, Harvey M. Bernstein, and John E. Gudgel. “Research 2” (2009): Smart Market Report: The Business Value of BIM 10-11.

Kenley, Russell and Olli Seppanen (2010). Location-Based Management for Construction. New York: Spon. Print.

Khemlani, Lachmi. (2011). AGC’s Winter 2011 BIM Forum, Part 1. “AECbytes “Building the Future”. Web. 22 Marzo 2011.

Azhar, Salman, Hein, Michael and Blake Sketo, (2011). Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges. McWhorter School of Building Science, Auburn University, Auburn, Alabama.

Hergunsel, F. Mehmet (2011). Benefits of building information modeling for construction managers, Worcester Polytechnic Institute.

LeBlanc, Paul (2010). “Prefabrication in Healthcare Construction.”

Liu, Zijia (2011). Feasibility Analysis of BIM Base Information System for Facility Management at WPI. Electronic Theses and Dissertations. Web. 30 Mar.

Tanmaya Kala et. al. (2010) Using an integrated 5D & Location based planning system in a large hospital construction project Aalto University, Finlandia, 2010.

Ebru Dogan, Hasan Polat (2016): A Research of Efficiency of using prefabrication building components in BIM Process. International Multilingual Academic Journal.

Suleiman Alsafouri, Steven K. Ayer (2017): A step by step Procedure for implementing mixed reality visualization interfaces in Design and Constructability Review Sessions.

Proceedings of the Joint Conference on Computing in Construction.

Yabin Jiménez-Roberto, Juan Sebastián Sarmiento et. al. (2016): Análisis de Sostenibilidad Ambiental de Edificaciones usando BIM. Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Dariusz Walasek, Arkadiusz Barszcz (2016): Analysis of the Adoption Rate of BIM and its returns on Investment. Universidad Tecnológica de Varsovia.

Reza Mohajeri BorjeGhaleh, Javad Majhouri Sardroud (2016): Approaching Industrialization of Buildings and Integrated Construction using Building Information Modeling. Creative Construction Conference 2016.

Koorosh Mashhadi Alizadeh (2016): BIM A study to prioritize Applications, Risks and Challenges Universidad Tecnológica de Sadjad, Irán.

Alex Bradley et. al. (2016): BIM for Infraestructure_An Overall Review and Constructor Perspective Cardiff University, UK.

Wallace Imoudu, et. al. (2016): Confirmatory Strategic Information Technology Implementation for BIM Adoption Model_Journal of Construction in Developing Countries. Journal of Construction in Developing Countries.

Aryani Ahmad Latiffi (2017): Exploring developers' understanding on BIM and its impact on Return on Investment. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.

Matti Tauriainen et. al. (2015): The Assessment of Constructability-BIM Cases-Journal of Information Technology in Construction.

BIM un Building Projects Barts and The Royal London Hospital London, United Kingdom, Autodesk

BIM in Building Projects Good Samaritan Hospital Puyallup, Washington, United States, Autodesk

Autodesk® BIM 360™ Field; University Hospital Case Study, Jesse Kassinger – Zachry Construction Corporation.

BIM for Large Healthcare Projects, Jacques Lévy-Bencheton – Brunet Saunier Architecture, Emmanuel Di Giacomo – Autodesk

Autodesk customer success story: McCusker-Gill uses Autodesk fabrication products to more accurately detail and fabricate mechanical systems for a new hospital.

Staying on the fast track, RLF uses Autodesk BIM solutions to design and coordinate a fast-track government healthcare facility—on time and on Budget – Autodesk.

Faster, better, less expensive, Robins & Morton uses Autodesk BIM solutions to deliver a new hospital ahead of schedule and under budget. Robins & Morton Carolinas Healthcare System Customer Success Story Autodesk.

Normativas:

Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma A.050 SALUD.

NTS-N° 113-MINSA/DGIEM-V.01 – Infraestructura y Equipamiento de los establecimientos de Salud del Primer Nivel de Atención.

NTS-N° 110-MINSA/DGIEM-V.01 – Infraestructura y Equipamiento de los establecimientos de Salud del Segundo Nivel de Atención.

NTS-N° 119-MINSA/DGIEM-V.01 – Infraestructura y Equipamiento de los establecimientos de Salud del Tercer Nivel de Atención.

Norma Técnica de Salud “Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud del Segundo Nivel de Atención”, Ministerio de Salud, 2014.

Specification for Information Management for the capital/delivery phase of construction projects using Building Information Modelling.