

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
CIVIL
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO CIVIL

**EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD DE PROYECTOS MEDIANTE
SISTEMAS INTEGRADOS Y USO DE TECNOLOGÍA BIM (MODELOS
4D Y 5D). EN LA I.E. SAN RAMÓN.**

Presentado Por : Bach: RICHARD GUTIÉRREZ MÉNDEZ

Asesor : M.Sc. CRISTIAN CASTRO PÉREZ

AYACUCHO - PERÚ

2016

...Llega un momento especial en la vida de todos, un momento especial para el cuál se ha nacido. Cuando uno se apodera de esa oportunidad especial, cada uno cumplirá su misión, una misión para la cuál es el único calificado. En ese momento uno encuentra su grandeza...

Agradecimientos

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, mi alma mater; a la Escuela de Formación profesional de Ingeniería Civil, por haberme acogido en sus aulas y haber sido el soporte físico en el cual me brindaron las enseñanzas que contribuyeron en mi formación profesional.

A mi asesor de Tesis, el M.Sc. Cristian Castro Pérez, por sus consejos y constante apoyo en múltiples ocasiones, a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.

A la empresa INCORP Ingeniería y Construcción S.A.C. por haberme brindado las facilidades y la información necesaria para realizar el presente trabajo de investigación.

A mis padres: Rosa Teresita y Juan, a mis hermanos: Walter, Lida, Juan y Rosa que me brindaron su apoyo incondicional en todo momento. Y a mi novia mi eterno agradecimiento por su comprensión y apoyo incondicional , quien hace que cada día sea diferente y motive el día a día para alcanzar las metas planteadas y cuyo esfuerzo están plasmados en esta tesis.

Richard Gutiérrez Méndez
rgutierrez0791@gmail.com

UNSCH

Ayacucho, Junio del 2016

Resumen

Los proyectos de edificación desarrollados bajo el enfoque del SNIP, actualmente evidencian una serie de deficiencias, ya que en la fase de ejecución, no son culminadas ni en el plazo; ni con el costo estipulado. La presente investigación, plantea: la implementación de una metodología de evaluación de la rentabilidad de PIP, basados: en conceptos, procesos, metodologías mediante sistemas integrados y uso de herramientas Tecnológicas del Building Information Modelling (BIM) y la generación de modelos 3D (construcción virtual de la edificación), en donde identificaremos y minimizaremos las deficiencias e incompatibilidades, modelos 4D (planificación colaborativa de los modelos mediante la integración basada en redes) que conjuga los modelos 3D y la programación de la ejecución (tiempo) , de acuerdo a la filosofía Lean Construction y a la sinergia BIM-LEAN, para garantizar el cumplimiento de los plazos y por último la generación de los modelos 5D (estimación de flujos económicos), para el cálculo de parámetros de rentabilidad como: flujo de caja, VAN, TIR, B/C, los cuales serán calculados mediante una serie iterativa con retro-alimentación de la información obtenida del modelo paramétrico, obteniendo así indicadores fiables y precisos. Para garantizar que los plazos de ejecución y los costos para cada una de la etapas del ciclo de vida del proyecto sean los estipulados en el Expediente Técnico. La aplicación de la presente investigación se realiza en el proyecto de la Institución Educativa San Ramón, ubicada en el distrito de Ayacucho-Huamanga. La cual cuenta con Perfil y Factibilidad viable con código SNIP N° 232289.

Summary

Building projects developed under the focus of SNIP, currently show a number of shortcomings, since in the implementation phase, are not culminated nor within; or cost provisions. This research raises: the implementation of a methodology for evaluating the profitability of PIP, based: concepts, processes, methodologies and management through integrated systems and use of technological tools Building Information Modelling (BIM) and the generation of 3D models (virtual construction of the building), where we will identify and will minimize the shortcomings and incompatibilities, 4D models (collaborative planning models by integrating network-based) that combines 3D models and programming of execution (time), according philosophy Lean Construction and BIM-LEAN synergy to ensure compliance with the deadlines and last generation 5D models (estimating economic flows), to calculate profitability parameters such as cash flow, NPV, TIR, B / C, which will be calculated by an iterative series with retro-feeding information obtained from parametric model, obtaining reliable and accurate indicators. To ensure that deadlines and costs for each of the stages of the life cycle of the project are those stipulated in the Technical File. The application of this research is conducted in the project of the Educational Institution San Ramon, located in the district of Ayacucho-Huamanga. Which has profile and viable Feasibility with SNIP code No. 232289.

KEY WORDS: Building Information Modelling (BIM), Performance parameters; Models (3D,4D,5D)

Índice

Portada	I
Epígrafe	I
Agradecimientos	II
Resumen	III
Índice General	IV
Índice de Figuras	X
Índice de Cuadros	XVI
Lista de Siglas y Símbolos	XVII
1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1. Antecedentes Bibliográficos.	1
1.2. Descripción de la realidad problemática.	2
1.3. Formulación del problema.	3
1.3.1. Problema Principal.	3
1.3.2. Problemas Específicos.	3
1.4. Justificación.	4
1.5. Objetivos de la investigación.	5

1.5.1. Objetivo General.	5
1.5.2. Objetivos Específicos.	5
1.6. Hipótesis	6
1.6.1. Hipótesis global.	6
1.6.2. Hipótesis secundarias.	6
1.7. Variables.	6
1.7.1. Variables directas.	6
1.7.2. Variables indirectas.	7
1.8. Metodología.	7
1.9. Periodo de análisis.	7
1.10. Fuentes de información.	8
1.11. Instrumentos utilizados.	8
1.12. Técnicas de recolección y procesamiento de datos.	8
2. MARCO TEÓRICO .	10
2.1. MODELADO DE LA INFORMACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (BIM)	10
2.1.1. CONCEPTO BIM	11
2.1.1.1. Historia Sobre Término BIM	11
2.1.1.2. Definición sobre BIM	11
2.1.1.3. Adopción de tecnologías BIM en el Perú y en el Mundo.	13
2.1.2. APLICACIÓN BIM PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN	17
2.1.2.1. APLICACIÓN Y BENEFICIOS BIM PARA LA ETAPA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.	19
2.1.3. MARCO PARA LA IMPLEMENTACIÓN BIM	25
2.1.3.1. MARCO PARA LA IMPLEMENTACIÓN BIM	26
2.1.3.2. ETAPAS Y PROCEDIMIENTOS BIM	29
2.1.3.3. ENTREGA DE PROYECTOS INTEGRADOS (IPD)	32

2.1.4.	HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍAS BIM	35
2.1.4.1.	AUTODESK REVIT: La Encarnación Del Modelo BIM	35
2.1.4.2.	NAVISWORKS: Gestión De Modelos BIM.	36
2.2.	LEAN PROYECT DELIVERY SYSTEM	37
2.2.1.	LEAN CONSTRUCTION	37
2.2.2.	LAST PLANNER SYSTEM	38
2.2.3.	LOOK AHEAD	38
2.2.4.	TREN DE ACTIVIDADES	39
2.2.4.1.	Elaboración del Tren de Actividades:	39
2.2.5.	LA SINERGIA LEAN-BIM	40
2.3.	INDICADORES ECONÓMICOS PARA LA EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD DE PROYECTOS	42
2.3.1.	DEFINICIÓN	42
2.3.2.	IMPORTANCIA	43
2.3.3.	FINES	43
2.3.4.	CONCEPTOS PREVIOS	44
2.3.5.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS	46
2.3.5.1.	Determinar Los Ingresos Del Proyecto.	46
2.3.5.2.	Determinar Los Egresos Asociados Al Proyecto.	47
2.3.5.3.	Elaborar la Evaluación Económica del Proyecto.	48
2.3.5.4.	VALOR ACTUAL NETO (VAN).-	48
2.3.5.5.	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).-	50
2.3.5.6.	RELACIÓN COSTO BENEFICIO (B/C)	51
2.3.5.7.	FLUJO NETO DE CAJA	52
2.4.	DEFICIENCIA DE DISEÑO: DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	53
2.4.1.	DEFICIENCIA EN LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES DE DISEÑO	54

2.4.1.1.	Incompatibilidades, Conflictos O Discrepancias En Los Documentos Contractuales	54
2.4.1.2.	Interferencias o Errores de Coordinación Interdisciplinaria	55
2.4.1.3.	La Falta de Constructabilidad de los Diseños	56
2.4.2.	CAUSAS DE LAS DEFICIENCIAS EN LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES	57
2.4.3.	IMPACTO DE LAS DEFICIENCIAS DE DISEÑO EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.	59
2.4.3.1.	En La Productividad De Campo	61
2.4.3.2.	En la Calidad	61
2.4.3.3.	En los Costos	63
2.4.3.4.	En los Plazos	64
3.	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS Y PROCESO PARA EL CÁLCULO DE PARÁMETROS DE RENTABILIDAD.	65
3.1.	Diagnóstico De La Situación Actual Del Proceso De Evaluación Según El SNIP	66
3.1.1.	Sistema Nacional De Inversión Pública (SNIP)- Fundamentos	67
3.1.1.1.	Marco conceptual	67
3.1.1.2.	Normatividad Básica según el SNIP	69
3.1.1.3.	Proyecto de Inversión Pública - PIP	69
3.1.1.4.	Organización del SNIP	70
3.2.	Proceso Para La Formulación, Evaluación Y Aprobación De Proyectos.	71
3.2.1.	Etapas Del Ciclo Del Proyecto Según El SNIP	71
3.2.1.1.	Fase de pre inversión	71
3.2.1.2.	Fase de inversión	77

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).	80
3.3.1. Marco Para La Implementación BIM En Proyectos De Inversión Pública	81
3.3.1.1. Campo de las políticas	82
3.3.1.2. Campo de los procesos	85
3.3.1.3. Campo de las herramientas	88
3.3.2. Procedimiento De Implementación De Acuerdo A Los Niveles De Madurez Según (SUCCAR).	92
3.3.2.1. PRE-BIM (Etapa de Pre-Inversión-Perfil Técnico)	95
3.3.2.2. Etapa BIM 1-Etapa BIM 2 y su Transición (Expediente Técnico-Etapa de Inversión)	103
3.3.2.3. Etapa BIM 2-Etapa BIM 3 y su Transición (Ejecución-Etapa de Inversión)	120
4. APLICACIÓN DEL SISTEMA INTEGRAL Y EL USO DE TECNOLOGÍA BIM, PARA LA EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO DE LA I.E SAN RAMÓN.	132
4.1. Descripción Del Proyecto	133
4.1.1. Características del proyecto	133
4.1.2. Determinación del proyecto y sectorización del área de estudio	135
4.1.2.1. Sectorización del área de estudio según EDT	137
4.1.3. Documentación Contractual Del Área De Estudio	139
4.1.3.1. Planos contractuales.	139
4.1.3.2. Presupuesto Contractual del Proyecto	139
4.1.3.3. Especificaciones Técnicas del Proyecto	142
4.2. MODELADO BIM-3D (CONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL EDIFICIO)	143
4.2.1. MODELADO SEGÚN ESPECIALIDADES.	145

4.2.2.	SECUENCIA DE MODELADO PARA LA INTEGRACIÓN INTERDISCIPLINARIA.	152
4.2.3.	PROCEDIMIENTO PARA DETECCIÓN DE DEFICIENCIAS DE DISEÑO E INTERFERENCIAS	153
4.3.	MODELADO BIM-4D (PLANEAMIENTO)	155
4.3.1.	Planificación Según Lean Construction	155
4.3.2.	Cuantificación del modelo BIM (Metrados por EDT)	158
4.3.3.	BIM como herramienta de visualización.	160
4.4.	MODELO BIM-5D (ESTIMACIÓN DE FLUJOS ECONÓMICOS).	160
4.4.1.	Presupuesto Meta por frente de trabajo.	160
4.4.2.	Cálculo de parámetros de rentabilidad.)	163
4.4.2.1.	Flujo de caja	163
4.4.2.2.	Valor Actual Neto (VAN)	164
4.4.2.3.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	166
4.4.2.4.	Costo beneficio (B/C)	166
4.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	168
4.5.1.	Implementación de Metodología	168
4.5.2.	Identificación de interferencias.	168
4.5.3.	Planificación 4D mediante trenes de actividades.	169
4.5.4.	Parámetros de rentabilidad financiera.	170
5.	CONCLUSIONES.	171
5.1.	CONCLUSIONES.	171
5.2.	RECOMENDACIONES	174
	Referencia Bibliográfica	176

Lista de Figuras

2.1. Proceso de Coordinación de Proyectos con BIM- <i>Fuente: Vivian Cardet, CHILE</i>	12
2.2. La conciencia y el uso de BIM- <i>Fuente NBS National BIM Report-2015</i> .	14
2.3. ¿Cómo describiría el uso futuro de BIM de su organización?- <i>((Fuente NBS National BIM Report-2015))</i>	14
2.4. Niveles de Adopción BIM en Estados Unidos por tipo y tamaño de Firma- <i>Fuente SmartMarket Report-2012</i>	15
2.5. Niveles de Adopción BIM en Estados Unidos- <i>(Fuente SmartMarket Report 2012)</i>	16
2.6. Empresas que participan en el COMITÉ BIM-Perú- <i>(Fuente : Comité BIM)</i>	17
2.7. Modelamiento 3D- Edificio Corporativo GyM- <i>(Fuente: Perú Lean Construction-BIM)</i>	18
2.8. Niveles de Implementación y aplicaciones de BIM según Skanska- <i>(fuente: Urbitec)</i>	20
2.9. Imágenes Estadio Coquimbo, Montealegre Arquitectos, Chile - <i>(fuente: BIM-INCONET)</i>	25
2.10. Marco BIM: Campos, Etapas y objetivos BIM - modelo triaxial - <i>fuente: Propia</i>	26
2.11. Tres Interacciones de Campos BIM de actividades diagrama de Venn - <i>fuente: Propia</i>	27

2.12. Interacciones BIM entre y dentro de los campos - vista combinada. - <i>fuelle: Propia</i>	28
2.13. Madurez BIM se subdivide en tres etapas - <i>fuelle: B. Succar, Automation in Construction 18 (2009) 357,375)</i>	29
2.14. Etapa Pre-BIM	30
2.15. Etapa 1	30
2.16. Etapa 2	31
2.17. Etapa 3	32
2.18. Establece Paso conducentes o separan Etapas BIM - v1.0 modelo lineal- <i>Fuelle Succar 2009</i>	33
2.19. Lista indicativa y no exhaustiva de los tipos de Paso BIM - mapa mental vista.- <i>Fuelle Succar 2009</i>	34
2.20. Sistema de Gestión Last Planner- <i>Fuelle EDIFICA, Expositor Ing. César Guzmán Marquina</i>	38
2.21. Sinergia Lean-BIM, optimizar la productividad en la construcción- <i>Fuelle INNOVA PERÚ Ingeniería y Construcción SAC</i>	41
2.22. Relación VAN-Tasa de Descuento- <i>Fuelle Área de Proyectos de Ingeniería Universidad de Granada-nov 2009</i>	50
2.23. Relación VAN-Tasa de Descuento- <i>Fuelle Área de Proyectos de Ingeniería Universidad de Granada-nov 2009</i>	51
2.24. Clasificación de RFI por tipo de consulta- <i>Tesis Vladimir Alcántara-2013</i>	55
2.25. Ciclo del Proyecto Según el SNIP- <i>Fuelle Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública</i>	58
2.26. Influencia del diseño en la Productividad en la Construcción (izquierda), Grado de Eficiencia del diseño en los Proyectos- <i>Fuelle (Vasques, 2006 y Vladimir Alcantara,2013)</i>	60
2.27. Flujo de actividades que se sigue en campo cuando se detecta un error en los documentos de diseño- <i>Fuelle PROPIA</i>	62

3.1. Responsables, Requisitos y Entregables de acuerdo al Ciclo de Proyecto según el SNIP- <i>Fuente:Directiva- General-del-SNIP 2011-actualizada- Octubre 2013</i>	67
3.2. Organización del SNIP- <i>Fuente:Directiva- General-del-SNIP 2011- actualizada-Octubre 2013</i>	70
3.3. Flujograma del Ciclo de vida del Proyecto de Inversión Pública- <i>Fuente:Directiva- General-del-SNIP 2011-actualizada-Octubre 2013</i>	71
3.4. Flujograma de presentación y evaluación del PERFIL según el SNIP- <i>Fuente:Directiva- General-del-SNIP 2011-actualizada-Octubre 2013</i>	72
3.5. Flujograma de presentación y evaluación de FACTIBILIDAD según el SNIP- <i>Fuente:Directiva- General-del-SNIP 2011-actualizada-Octubre 2013</i> .	74
3.6. Niveles Mínimos de Estudio según el SNIP- <i>Fuente:Directiva- General-del- SNIP 2011-actualizada-Octubre 2013</i>	77
3.7. Registro del Expediente Técnico- <i>Fuente:Directiva- General-del-SNIP 2011-actualizada-Octubre 2013</i>	79
3.8. Estructura del SNIP y funciones de sus Órganos mediante Sistemas Integrados BIM - <i>Fuente:Propia</i>	83
3.9. El sistema de Gestión como herramienta para alcanzar los objetivos - <i>Fuente:Guía para una gestión basada en procesos-pag 10</i>	85
3.10. Mapa de Procesos - <i>Fuente: Guía para una gestión basada en procesos-pag 14</i>	86
3.11. Modelo para la agrupación de procesos en el mapa de procesos - <i>Fuente: propia</i>	87
3.12. Procesos para la Gestión de Proyectos de Inversión Pública - <i>Fuente: propia</i>	89
3.13. Definición de las herramientas Tecnológicas BIM - <i>Fuente: : Introducción ala Tecnología BIM, Eloi Coloma Picó, Universidad Politécnica de Cataluña</i>	90
3.14. Niveles de Implementación BIM de Acuerdo al Ciclo de Vida de un Proyecto- <i>Fuente:Propia</i>	94

3.15. Fase 1: Coordinación para el establecimiento de las dimensiones del proyecto- <i>Fuente:Propia</i>	96
3.16. Fase 2: Coordinación de especialidades.- <i>Fuente:Propia</i>	98
3.17. Fase 3: Modelamiento BIM de Estructuras y Arquitectura.- <i>Fuente:Propia</i>	100
3.18. Fase 4:Cuantificación de Partidas y Presupuesto de las Alternativas.- <i>Fuente:Propia</i>	102
3.19. Fase 5: Evaluación del Modelo BIM, Análisis de Incompatibilidades y generación de especificaciones Técnicas.- <i>Fuente:Propia</i>	106
3.20. Fase 6: Corrección de Incompatibilidades por especialidad (Estructuras y Arquitectura) y modelado de las especialidades.- <i>Fuente:Propia</i>	107
3.21. Fase 7: Integración de Modelos Paramétricos y análisis de incompatibilidades multidisciplinarias .- <i>Fuente:Propia</i>	108
3.22. Fase 8: Generación de Documentos Contractuales(Planos Compatibilizados Integrados).- <i>Fuente:Propia</i>	109
3.23. Fase 9: Proceso de obtención de Información del modelo BIM, para la cuantificación de partidas.- <i>Fuente:Propia</i>	110
3.24. Fase 10: Integración de Costos Unitarios y la cuantificación del modelo BIM para la obtención de presupuesto contractual.- <i>Fuente:Propia</i>	111
3.25. Fase 11: Programación 4D Integrada al modelo y Visualización del modelo BIM-3D.- <i>Fuente:Propia</i>	112
3.26. Fase 12: Planeamiento Táctico y Operativo, para la determinación del EDT y EDO,modelo BIM para la cuantificación de partidas y presupuesto meta por frentes.- <i>Fuente:Propia</i>	123
3.27. Fase 13: Sinergia BIM-LEAN, Planificación Colaborativa de las Actividades. Generación De Trenes De Trabajo Integradas Al Modelo.- <i>Fuente:Propia</i>	124
3.28. Fase 14:Cálculo de parámetros de rentabilidad, modelos 5D 1ra iteración .- <i>Fuente:Propia</i>	125

3.29. Fase 15:Retro- alimentación de Información vinculada BIM, y cálculo del Resultado Operativo mensual.- <i>Fuente:Propia</i>	126
4.1. Modelo 3D del Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS EDUCATIVOS DE NIVEL INICIAL, PRIMARIA, SECUNDARIA Y ALTERNATIVA DE LA I.E. SAN RAMÓN" - <i>Fuente:Propia</i>	134
4.2. Sectorización del Proyecto- <i>Fuente:Propia</i>	138
4.3. Planos Contractuales de Estructuras- <i>Fuente:Propia</i>	140
4.4. Planos Contractuales de Arquitectura- <i>Fuente:Propia</i>	141
4.5. Modelamiento de Estructuras(vista frontal)- <i>Fuente:Propia</i>	146
4.6. Modelamiento de Estructuras (vista posterior)- <i>Fuente:Propia</i>	147
4.7. Modelamiento de Arquitectura (vista posterior)- <i>Fuente:Propia</i>	148
4.8. Modelamiento de Arquitectura (vista frontal)- <i>Fuente:Propia</i>	148
4.9. Modelamiento de Instalaciones Eléctricas (componentes)- <i>Fuente:Propia</i>	149
4.10. Modelamiento de Instalaciones Sanitarias (componentes)- <i>Fuente:Propia</i>	150
4.11. Render de Instalaciones Eléctricas y Sanitarias - <i>Fuente:Propia</i>	151
4.12. Modelamiento y Render de Mobiliarios- <i>Fuente:Propia</i>	151
4.13. Vinculación para modelamiento interdisciplinario- <i>Fuente:Propia</i>	153
4.14. Análisis de interferencia Arq. vs Estructura- <i>Fuente:Propia</i>	154
4.15. Informe de Interferencias - <i>Fuente:Propia</i>	155
4.16. Análisis de Interferencias Interdisciplinario - <i>Fuente:Propia</i>	156
4.17. Sectorización- <i>Fuente:Propia</i>	157
4.18. Codificación de elemento- <i>Fuente:Propia</i>	157
4.19. Cuantificación elemento (Columna-concreto)- <i>Fuente:Propia</i>	158
4.20. Cuantificación elemento (Columna-Acero)- <i>Fuente:Propia</i>	159
4.21. Cuantificación del modelo de Arquitectura y Estructuras- <i>Fuente:Propia</i>	159
4.22. Modelo BIM 4D (Estructura)- <i>Fuente:Propia</i>	161

4.23. Modelo BIM 4D(Arquitectura)- <i>Fuente:Propia</i>	162
4.24. Relación VAN-tasa de descuento- <i>Fuente:Propia</i>	165
4.25. Relación VAN-tasa de descuento- <i>Fuente:Propia</i>	167

Lista de Tablas

3.1. Involucrados de la Etapa Pre-BIM (Perfil Técnico)	103
3.2. Involucrados de la Etapa BIM1 Y Etapa BIM 2 y su transición (Expediente Técnico)	120
3.3. Involucrados de la Etapa BIM1 Y Etapa BIM 2 y su transición (Expediente Técnico)	131
4.1. Datos Generales del Proyecto	135
4.2. Presupuesto Contractual del Proyecto	142
4.3. Presupuesto Contractual del sector "K" según EDT	143
4.4. Presupuesto Contractual comparativo de la incidencia del sector	144
4.5. Tren de actividades- <i>Fuente:Propia</i>	158
4.6. Presupuesto Meta y Contractual Comparativo	163
4.7. Flujo de Caja-Sector K	164
4.8. Indicadores de Rentabilidad-fuente propia	168
4.9. Resultado Operativo-fuente INCORP	169
4.10. Análisis de Interferencias Interdisciplinarias-Fuente propia	169
4.11. Análisis de Interferencias Interdisciplinarias-Fuente propia	170
4.12. Análisis de Interferencias Interdisciplinarias-Fuente propia	170

Lista de Siglas y Símbolos

<i>BIM</i>	Building Information Modelling
<i>LPDS</i>	Lean Project Delivery System
<i>BDS</i>	Building Description System
<i>AECO</i>	Arquitectura, Estructura, Construcción y Ope.
<i>IPD</i>	Integrated Project Delivery
<i>AIA</i>	American Institute of Architects
<i>NBIM</i>	National Building Information Modelling
<i>VAN</i>	Valor Actual Neto
<i>TIR</i>	Tasa Interna de Retorno
<i>B/C</i>	Relación Costo- Beneficio
<i>RFI</i>	Request For Information
<i>PNC</i>	Productos No Conforme
<i>SGC</i>	Sistema de Gestión de Calidad
<i>CII</i>	Construction Industry Institute
<i>SNIP</i>	Sistema Nacional de Inversión Pública
<i>PIP</i>	Proyectos de Inversión Pública
<i>LCE</i>	Ley de Contrataciones del Estado
<i>OPI</i>	Oficina de Programación e Inversiones
<i>MEF</i>	Ministerio de Economía y Finanzas
<i>DGPM</i>	Dirección General de Programación Multianual

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN.

1.1. Antecedentes Bibliográficos.

La revolución tecnológica del Building Modelling Information (BIM) y los resultados obtenidos en todo el mundo; ha impulsado la necesidad de implementación de estos nuevos procesos en el Perú, para lo cual mediante trabajos de investigación y a la creación del comité BIM en el Perú, impulsado por la Cámara Peruana de la Construcción, se han desarrollado una serie de Tesis y artículos referidos al tema, para lo cual han permitido la concepción de la presente investigación, como una necesidad de continuar este proceso, para poder implementar estos conceptos dentro de los P.I.P.

En el año 2013, se desarrollaron las siguientes tesis: Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM, elaborado por el Ing. Civil Paul Vladimir Alcántara, y la tesis titulada: Mejoras en la implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa MARCAN, elaborado por Karem Ulloa Román y José Salinas Savedra, estas fuentes de información son concurridas usualmente para poder introducirnos en los tres campos de aplicación del BIM y como se desarrollaron estos en cada uno de los proyectos en las cuales fueron aplicadas. Permitiendo así un punto de partida para el desarrollo de

la presente investigación.

1.2. Descripción de la realidad problemática.

El crecimiento en la Industria de la construcción en nuestra región en los últimos años se ha venido evidenciando con mayor magnitud debido al fortalecimiento económico de nuestra región, mostrando deficiencias en cada una de las etapas del ciclo de vida del proyecto, generando ampliaciones de plazos y sobre-costos en la etapa de ejecución, la cual generara un impacto en las partes involucradas.

En definitiva los proyecto en entidades del estado ha mostrado una serie de deficiencias en todas sus fases, debido a que están desarrolladas según el modelo tradicional de entrega de proyectos : Diseño (Expediente Técnico)/Licitación (Proceso de Adjudicación)/Construcción (Ejecución del Proyecto) que constituyen la etapa de Inversión del ciclo del Proyecto, todas estas prescindidas por un Ante-proyecto (Perfil Técnico, Pre-factibilidad y Factibilidad); Este Sistema fue adoptado por el Estado.

El principal problema, es que este sistema separa las distintas etapas del ciclo del proyecto, principalmente en la etapa de Inversión mediante un proceso de licitación la cual conllevará a la poca interacción entre ambas etapas y los documentos contractuales en la etapa de Diseño(Expediente Técnico) no se encuentran integradas entre sí, lo cual generara, la existencia de: Incompatibilidades, conflictos o discrepancias, Interferencias o errores de coordinación interdisciplinaria, falta de constructabilidad de los diseños y una serie de deficiencias en los documentos contractuales, que mayormente son identificadas en etapas posteriores del ciclo del proyecto.

El cálculo de la rentabilidad de un proyecto para una empresa constructora en la etapa de Ejecución; será subjetiva e imprecisa dado que no se puede realizar el análisis y evaluación de estos parámetros con documentación Contractual propensas a modificaciones

e indeterminaciones , que terminan perjudicando a la empresa contratista debido a que no se maneja inicialmente información clara y precisa que conlleva a estimar márgenes de Rentabilidad muy alejadas a las reales obtenidas y a las ofrecidas por la entidad. Y a la entidad debido a que su presupuesto y plazos de ejecución inicialmente contemplados estarán propensos a modificaciones.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema Principal.

1. ¿En qué medida mediante un Sistema Integrado basado en procesos, tecnología y herramientas BIM(Building Information Modelling). Generados en modelos 4D (planeamiento) y modelos 5D (costos). Reduce la variabilidad para determinar la rentabilidad de un proyecto de edificación y elimina las ampliaciones de plazo y adicionales presupuestales?.

1.3.2. Problemas Específicos.

1. ¿Cómo la generación de modelos 3D basados en sistemas integrados mediante el uso de procedimientos, herramientas y tecnologías BIM, ayudan a determinar las distintas deficiencias en la etapa de diseño?
2. ¿Cómo mediante la elaboración de un modelo 4D (planeamiento), mediante un sistema Integral BIM, basado en conceptos de (Last Planner System). Contribuye en la determinación con mayor precisión del plazo de ejecución del proyecto?
3. ¿Por qué la generación de un modelo 5D(costos), mediante parámetros indicativos de rentabilidad financiera como la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual Neto (VAN) y el Costo-Beneficio (B/C) de un proyecto derivados de un sistema integral de planificación(4D) y la cuantificación de los recursos. Resultan

indicadores que Difieren de los márgenes de utilidad ofrecidos por la entidad?

1.4. Justificación.

Se desarrolla la presente investigación tomando como tema: la evaluación de rentabilidad de proyectos de edificación mediante sistemas integrados y uso de procedimientos, herramientas de tecnología BIM ; mediante modelos 4D (planeamiento) y modelos 5D (costos); que son el resultado de una serie de procedimientos que están ligados principalmente en la integración de cada una de las partes durante el ciclo del Proyecto, derivándose en crear las herramientas y procedimientos básicos para la evaluación de proyectos, en las cuales se minimice y elimine las incertidumbres generadas, que se originan mediante el procedimiento tradicional para la evaluación y entrega de proyectos. La cual brindara ah ambas partes, tanto a la Entidad como a los Contratistas estén soportados por herramientas y procedimientos de gestión que minimice su riesgo, y que los tiempos y costos sean determinados con mayor aproximación en cada una de las etapas del ciclo del proyecto.

De los antecedentes que motivaron para el desarrollo de la presente investigación principalmente es debido a que actualmente se tiene la necesidad de contrarrestar un problema muy común y muy arraigado a nuestra realidad en la región y del país, refiriéndose a los problemas de incumplimiento en los plazos de ejecución estipulados inicialmente y en el sobre-costos en el presupuesto.

Principalmente debido a que el estado según la estructura del SNIP, separa marcadamente las distintas etapas del ciclo del proyecto mediante procesos de licitación la cual conllevará a la poca interacción entre las etapas de diseño y construcción y se genera consecuentemente la mala calidad de los documentos de diseño.

Finalmente, es un hecho manifiesto la necesidad de contar con un sistema Integral para la evaluación en cada una de las etapas del ciclo del proyecto, que nos brinde los procedimientos, herramientas y tecnologías que conlleve a la determinación de la rentabilidad del proyecto con mayor aproximación y de forma determinística. Y debido a que la generación BIM que están caracterizados por la capacidad de compilar modelos virtuales de las edificaciones usando objetos paramétricos que se requieren en la presente investigación forma parte primordial para el sistema integral que se plantea.

1.5. Objetivos de la investigación.

1.5.1. Objetivo General.

1. Implementar una metodología para la evaluación de la rentabilidad de un proyecto de edificación mediante un sistema integrado BIM, generando modelos en 4D (planeamiento) y modelos 5D (costos), y la aplicación en un proyecto de la región.

1.5.2. Objetivos Específicos.

1. Identificar las deficiencias e interferencias en los documentos contractuales de diseño, mediante la generación de modelos 3D (construcción virtual de la edificación).
2. Elaborar un modelo 4D (planeamiento), que permita la determinación con mayor exactitud en los plazos de ejecución del proyecto, facilitando la visualización de las actividades, integrando los modelos 3D y el tren de actividades.
3. Generar modelos 5D (costos), que nos permita determinar los parámetros de rentabilidad financiera (VAN, TIR, B/C) del proyecto en estudio, según un sistema integrado al modelo BIM.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis global.

1. El sistema integrado BIM, brindará los procedimientos, herramientas y tecnologías necesarios para poder implementar una metodología para la obtención de parámetros de rentabilidad de un proyecto, mediante la generación de modelos en 4D y 5D.

1.6.2. Hipótesis secundarias.

1. Los modelos 3D generados a través del uso de sistemas integrados BIM, dotan de información necesaria para la identificación de las deficiencias en los documentos de diseño.
2. La sinergia Lean-BIM matriz que interrelaciona las funcionalidades del BIM, con los principios del Lean en la construcción, aportaran para la generación de modelos 4D integrales, que facilitaran la determinación de los plazos de ejecución del proyecto.
3. Los parámetros indicativos de rentabilidad financiera (VAN, TIR, B/C), se pueden determinar a través de un sistema integrado mediante herramientas y tecnología BIM, inter-relacionando los modelos 4D y parámetros de recursos de las actividades asignadas. Lo cual conlleva a la generación de modelos 5D integrados al modelo BIM.

1.7. Variables.

1.7.1. Variables directas.

- *Sistema integrado y uso de tecnología BIM mediante modelos 4D Y 5D.*

- *Costos (valor actual Neto, tasa interna de retorno, costo-beneficio).*
- *Planeamiento(tren de actividades.)*

1.7.2. Variables indirectas.

- *Evaluación de rentabilidad de proyectos.*
- *costos unitarios, margen de utilidad, periodo de tiempo.*
- *Rendimiento, cuadrillas, curva de personal.*

1.8. Metodología.

La metodología empleada para lograr los objetivos de esta investigación, constan de un conjunto de procesos correlativos inter-conectadas entre sí, dado que para atender las características del problema principal; esta requiere ser analizada por procesos que sigan una secuencia determinada.

- **Tipo.-** Esta investigación es del Tipo "Aplicada Tecnológica"
- **Nivel.-** Es una investigación correlacional e investigación explicativa.
- **Diseño.-** No experimental de diseño transversal

1.9. Periodo de análisis.

La fase inicial del desarrollo del cuerpo de la Tesis es la recolección de datos, la cual se realizo durante el periodo de un año, desde el mes de agosto del 2014 a julio del 2015, ya que fue el tiempo de ejecución del proyecto, y tiempo donde se pudo recolectar todo el material técnico. Durante este periodo se pudo realizar un análisis descriptivo y cuantitativo de la información recopilada.

1.10. Fuentes de información.

La principal fuente de información para la elaboración de la presente investigación, fue proporcionada por los documentos contractuales del proyecto, que para este caso fue el: Expediente Técnico del Gobierno Regional de Ayacucho, que proporciono parte del material técnico, como es el caso de : Planos 2D de cada una de las especialidades, especificaciones técnicas, crónograma de ejecución, costos unitarios, metrados, presupuesto contractual y otros.

Otra fuente de información fue proporcionada por las área de planeamiento y control y el área de calidad de la empresa contratista INCORP Ingeniería y Construcción, quien facilito información de campo, como las mediciones de rendimiento mediante cartas balance, costos de los procesos de ejecución, no conformidades por el área de calidad entre otros. En base a la información descrita se elaboro la aplicación de la presente investigación.

1.11. Instrumentos utilizados.

El instrumento utilizado para la recolección de datos e información durante la ejecución del proyecto, fueron principalmente: ficha de registro de datos o ficha de recopilación de datos, donde debemos de copiar y/o trasladar la información previamente registrada y notas de Campo, donde establecemos formatos para la medición de ciertas actividades relevantes.

1.12. Técnicas de recolección y procesamiento de datos.

Técnicas de recolección.-

La técnica utilizada para la recolección de datos fue la del análisis documental, ya que

los datos provienen de fuentes secundarias y la presente investigación corresponde a estudios retrospectivos, donde parte de la información únicamente se puede recopilar de esta manera. Y la observación directa de los procesos realizados durante la ejecución del proyecto, la cual se realizó de forma sistemática y contando con mecanismos que evitan errores de subjetividad, la observación se realiza de forma no participante, para evitar la perturbación de la acción .

Procesamiento de datos.- El procesamiento de datos se realizó mediante distintos software BIM, en cada una de las etapas planteadas para la implementación de la metodología para la evaluación de rentabilidad de proyectos.

- **Revit Suite.-** Permite la generación de modelos paramétricos 3D, y su cuantificación mediante el procesamiento de los documentos contractuales tales como los planos 2D y las especificaciones Técnicas.
- **Microsoft Excel.-** Permite el procesamiento de datos, y el cálculo de los parámetros de rentabilidad mediante la integración y vinculación con los modelos paramétricos.
- **Microsoft Project.-** Permite la planificación de la ejecución del proyecto, la determinación del personal, y el control de la programación diaria y semanal.
- **Autodesk Naviswork Manage.-** Permite la generación de modelos 4D y 5D, y la detección de interferencias.
- **S10 Costos y Presupuestos.-** Permite el cálculo del presupuesto, y análisis de costos unitarios, para su posterior vinculación con la base de datos del MS. Excel.

Capítulo 2

MARCO TEÓRICO .

2.1. MODELADO DE LA INFORMACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (BIM)

El objetivo de este capítulo es dar a conocer la información encontrada en la revisión literaria acerca del concepto BIM (Building Information Modelling), ya que esta servirá como base fundamental para el entendimiento de los demás capítulos.

En primer lugar se presenta definiciones sobre BIM, así como una breve historia y las investigaciones realizadas en el Perú y el mundo. Luego se explicarán las aplicaciones del BIM en la industria de la construcción, así como las etapas y procedimientos para la aplicación de estos conceptos para la entrega de proyectos. Después se detallarán conceptos relacionados a la presente Tesis como: Lean Project Delivery System (LPDS). Y por último los principales parámetros financieros de rentabilidad que se aplicarán dentro del proyecto en estudio.

2.1.1. CONCEPTO BIM

2.1.1.1. Historia Sobre Término BIM

Los procesos y las tecnologías detrás de BIM han ido evolucionando durante al menos 40 años. Los primeros investigadores incluyeron: Chuck Eastman, Tom Maver, Arto Kiviniemi, y John Mitchell y Robin Drogemuller.

En 1975 El artículo de Eastman "El uso de los ordenadores en lugar de dibujos en el diseño de edificios" [1]. Describió un prototipo funcional; Descripción del sistema del Edificio (Building Description System-BDS), que incluía ideas de diseño paramétrico, derivando dibujos en 2D de un modelo, de una base de datos integrada única para visualizar y análisis cuantitativos.

Durante la década de 1970 y 1980, el enfoque BDS tendía a ser descrito como "Construyendo Modelos de productos" en los EE.UU., y "Modelos de Información del producto" en Europa. Estas frases que se fusionaron para convertirse en "Building Information Modelling-BIM".[2], documento por primera vez en 1986 el término "Edificio Modelling", en el sentido que usamos BIM hoy en día.

2.1.1.2. Definición sobre BIM

BIM es el acrónimo en inglés de Building Information Modelling o Modelado de la Información para la Construcción. Existen muchas definiciones de lo que es el BIM y depende mucho del punto de vista de lo que uno está buscando y el enfoque que se le quiera dar. "En esencia es la creación de valor a través de la colaboración en todo el ciclo de vida de un activo apoyado en la creación, recopilación y el intercambio de modelos 3D y los datos compartidos, inteligentes, estructurados, y vinculados a ellos" Para comprender y profundizar dicho concepto resulta necesario saber qué se entiende por "Interoperabilidad". La habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada" (IEEE, 1990).

2.1. MODELADO DE LA INFORMACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (BIM)

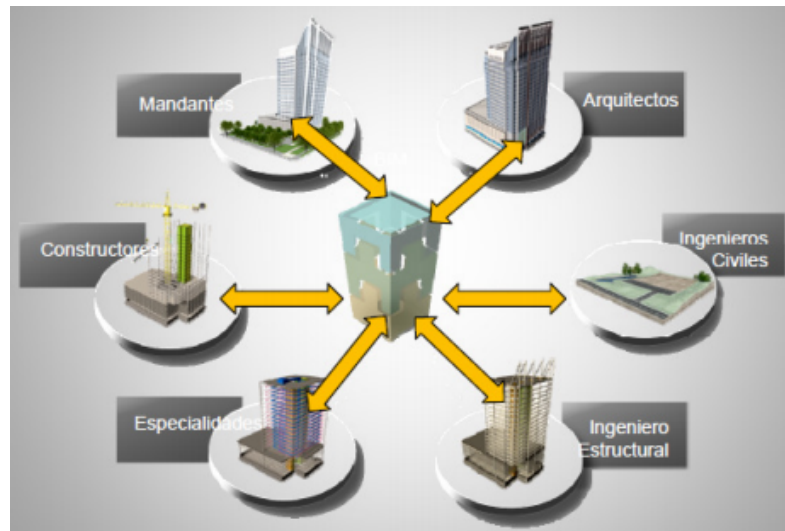


Figura 2.1: Proceso de Coordinación de Proyectos con BIM- Fuente: Vivian Cardet, CHILE

Eastman [3] "Con la tecnología BIM uno o más precisos modelos virtuales de un edificio se construyen de forma digital. Apoyan el diseño a través de sus fases, lo que permite un mejor análisis y control de los procesos manuales. Cuando se haya completado, estos modelos generados por ordenador contienen geometría precisa y datos necesarios para apoyar la construcción, fabricación, y las actividades de adquisición a través del cual se realiza la construcción".

El National Building Information Modelling, define BIM como una representación de características físicas y funcionales de una instalación. BIM es un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación formando una base confiable para decisiones sobre su ciclo de vida, definido desde la concepción hasta la demolición. [4]

BIM no es un software en particular, sino BIM es una tecnología innovadora que facilita la comunicación entre los actores del proceso constructivo (arquitectos, ingenieros, constructores y usuarios), permitiendo crear y utilizar información coordinada y coherente

sobre un proyecto, información con la que se pueden visualizar los diseños en su contexto, analizar el comportamiento estructural en situaciones reales y tomar decisiones sobre el diseño en fases más tempranas del proceso. Con BIM, las distintas disciplinas intercambian información de manera eficiente, crean representaciones digitales de todas las fases del proceso de construcción y simulan el rendimiento en los procesos reales, lo que agiliza el flujo de trabajo, aumenta la productividad y mejora la calidad.

2.1.1.3. Adopción de tecnologías BIM en el Perú y en el Mundo.

A continuación se detallaran los avances que se han obtenido en la implementación del BIM en los países como: Inglaterra, Estados Unidos y el Perú.

- a. **Inglaterra.-** Según el National BIM Specification (NBS),[5] , monitoreo por primera vez el uso y adopción de BIM en 2010.

El uso y el conocimiento Actual del BIM

Actualmente se ha visto un incremento sustancial a comparación de los datos obtenidos en la primera encuesta en el 2010, en la cual solo mostraba que el 13% de los encuestados venia haciendo Uso del BIM, 45% solo conocían la Aplicación del BIM más no así la implementaban, y el 45% desconocían el Uso y las aplicaciones del BIM, lo que actualmente muestra cambios sustanciales ya que un 48% actualmente viene haciendo uso del BIM, el 48% conoce la Aplicación del BIM, y solo únicamente el 5% desconoce de estas tecnologías.

Un uso futuro- "BIM es el futuro y debe ser aceptada".

También se realizo la pregunta a aquellos que son conscientes de BIM, si van a adoptar esta tecnología en los próximos años.

En esta medida, vemos una expectativa continua que BIM se convertirá en el estándar para el proceso de diseño, y lo hará dentro de los tres años. Noventa

2.1. MODELADO DE LA INFORMACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (BIM)

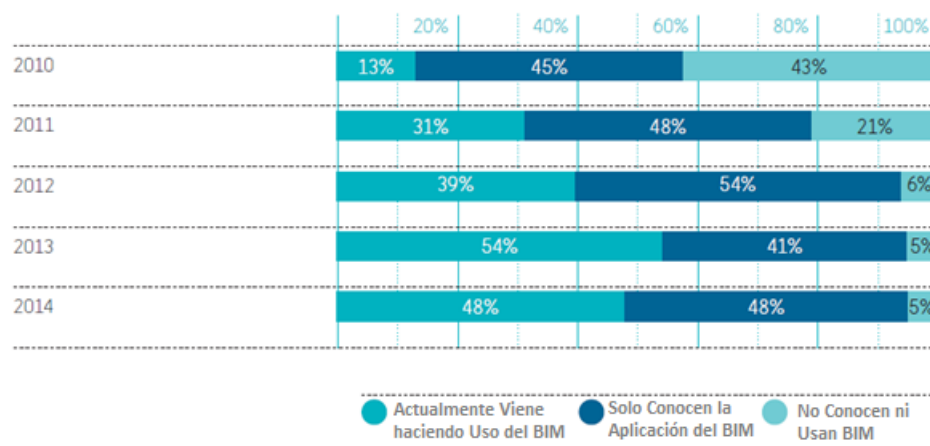


Figura 2.2: La conciencia y el uso de BIM- Fuente NBS National BIM Report-2015

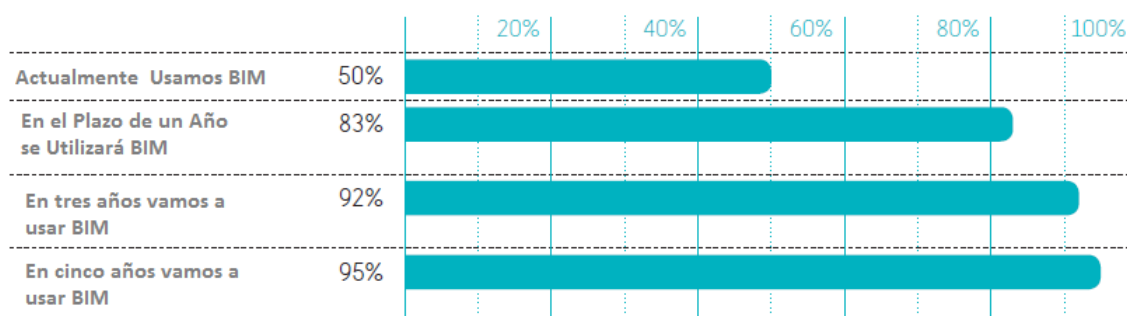


Figura 2.3: ¿Cómo describiría el uso futuro de BIM de su organización?- ((Fuente NBS National BIM Report-2015)

y dos por ciento esperaba estar usando BIM en el plazo de tres años, y el 95% dentro de cinco años.

Los Usuarios Y Los No Usuarios.

Los que han adoptado BIM son más propensos a ser positivo al respecto que los que aún no lo han usado. Hay un fuerte acuerdo compartido, que "BIM requiere cambios en nuestro flujo de trabajo, prácticas y procedimientos. Tanto los que aún no han adoptado BIM y los que lo han hecho, ver que la adopción de BIM no es un evento, sino un proceso que las empresas pasan.

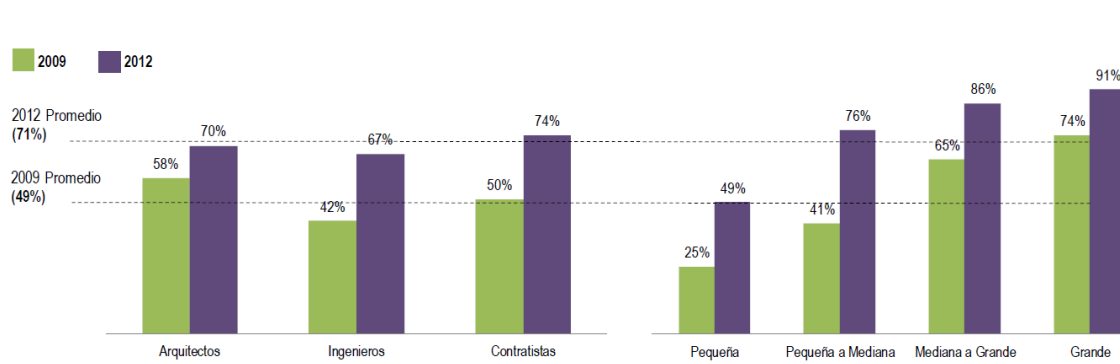


Figura 2.4: Niveles de Adopción BIM en Estados Unidos por tipo y tamaño de Firma-
Fuente SmartMarket Report-2012

b. Estados Unidos.-

En los Estados Unidos la adopción del BIM está más generalizada que en Latinoamérica, y cada vez más son los mismos clientes quienes exigen el desarrollo de sus proyectos en base a estos modelos. De esta manera el propio gobierno, por medio de algunas de sus entidades gubernamentales, pide los modelos BIM como entregables, algunos de estos son:

- US Army
- US General Services Administration
- Department of Defense
- Air Force
- Coast Guard

Desde el año 2009, McGrawHill Construction,[6] , viene publicando un SmartMarket Report acerca del nivel de uso BIM en los estados Unidos. Para hacer el reporte se hicieron varias entrevistas a dueños, arquitectos, estructurales, contratistas, gerentes de construcción que usan BIM. El último reporte publicado es del 2012.

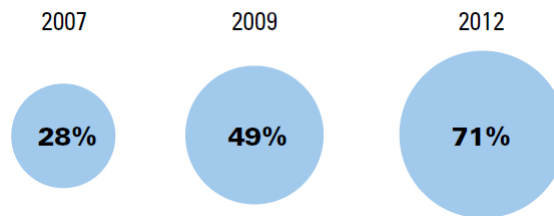


Figura 2.5: Niveles de Adopción BIM en Estados Unidos- (Fuente *SmartMarket Report 2012*)

En reporte se presenta que la adopción en compañías ha crecido de 28%(2,007) a 71%(2,012).

c. REALIDAD PERUANA.-

El 18% de los constructores y diseñadores de Lima conocen de las herramientas 3D y 4D para el diseño, planificación y control de proyectos [7]. Sin embargo, las herramientas no son usadas entre ellos intensamente.

Son pocas las oficinas de diseño que utilizan modelos 3D, los clientes no apuestan por este cambio y los constructores no dan pasos firmes en el uso de la herramienta. De otro lado, son pocas las facultades de arquitectura e ingeniería que han involucrado en sus planes de estudio softwares de diseño, planificación y control en 3D y 4D.

Además de pensar en el costo de implementar estas tecnologías, se debe pensar en el costo que la industria está incurriendo por no implementarlas, y el valor que se está dejando de otorgar al cliente.[7]

- A diferencia de los casos explicados anteriormente, en el Perú no se tiene un diagnóstico de la situación actual acerca del uso de BIM.

En el 2012 se ha lanzado el Comité BIM pertenece al Instituto de la Construcción y el Desarrollo (ICD)[8], y es un grupo técnico que incorpora profesionales que forman parte en todas las etapas de un proyecto, incluyendo a clientes, proyectistas



Figura 2.6: Empresas que participan en el COMITÉ BIM-Perú- (Fuente : Comité BIM)

y constructores, con experiencias directas en la aplicación del BIM en el Perú y en proceso de desarrollo.

Con la creación de este comité se busca impulsar las buenas prácticas en el modelamiento de proyectos BIM, constituir una biblioteca virtual con información categorizada adaptada a la realidad peruana, difundir los avances en el uso de herramientas, experiencias y resultados de la aplicación del BIM, promover las capacitaciones de herramientas BIM en los distintos especialistas y participar en la generación de un mercado con mayor nivel técnico, para beneficio de todos los involucrados.

- a) **Graña Y Montero.** El proyecto "Edificio Corporativo GyM", ubicado en Av. Pettit Thouars, en el distrito de Miraflores, Lima, empleo el BIM para modelar el proyecto en 3D, el modelo se realizó para las especialidades de: estructuras, arquitectura, instalaciones sanitarias, eléctricas, de calefacción, ventilación y extracción de aire así como para el agua contra incendio. El proyecto consiste en la construcción de un edificio de oficinas de uso exclusivo para las empresas del Grupo Graña y Montero.

2.1.2. APLICACIÓN BIM PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Debido que el BIM es una nueva filosofía de trabajo basada en herramientas tecnológicas, en la literatura se habla mucho acerca de sus beneficios y ventajas que pueden



Figura 2.7: Modelamiento 3D- Edificio Corporativo GyM- (Fuente: Perú Lean Construction-BIM)

obtenerse en proyectos de construcción, siendo en algunos casos muy hipotéticos y optimistas.

Para la aplicación en la industria de la construcción se tomará como referencia el caso práctico de implementación del BIM realizada por Skanska¹, , describe que existen tres niveles de implementación de esta tecnología y metodología de trabajo según se detalla en la figura 2.9. En cada uno de ellos se presentan las aplicaciones más representativas del uso de estos modelos.

Lo más resaltante de esta clasificación es que está basada en un caso real de implementación a nivel corporativo influyendo en todas las esferas de gestión de proyectos de construcción y da a entender las áreas que pueden ser mejoradas dentro de la organización.

2.1.2.1. APLICACIÓN Y BENEFICIOS BIM PARA LA ETAPA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.

- a. **APLICACIÓN.-** En la Figura 2.8 se observa que la implementación del BIM en una empresa constructora puede darse mediante el uso de los tres niveles, las cuales pueden ser desarrolladas en cualquiera de las etapas del Sistema de Entrega de Proyectos (Project Delivery System-PDS) tanto en la etapa de Diseño como en la etapa de Construcción.

NIVEL 1:

- **Modelado 3D Inteligente para el Diseño.-** (Actualización automática de las diversas vistas en Planta/Cortes en planos genera una disminución de las incompatibilidades).

¹Skanska empresa constructora Sueca, una de las que más ha investigado y aplicado BIM en el mundo

2.1. MODELADO DE LA INFORMACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (BIM)

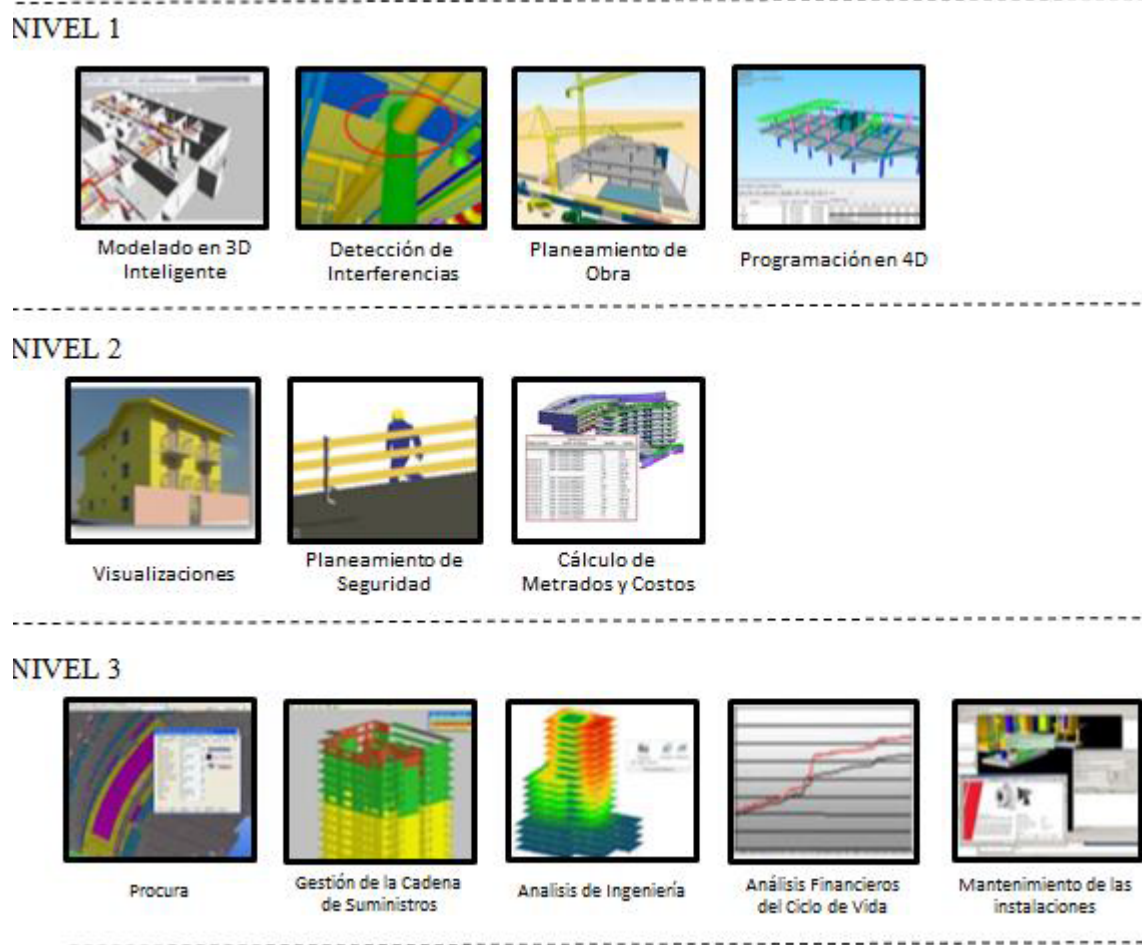


Figura 2.8: Niveles de Implementación y aplicaciones de BIM según Skanska- (fuente: Urbitec)

- **Detección de Interferencias.-** (Traslape de las disciplinas modeladas en 3D permite identificar interferencias y choques blandos como por ejemplo limitaciones de espacios para acceso de personal de mantenimiento).
- **Planeamiento de Obra.-** (Los modelos permiten la creación rápida y la evaluación de alternativas de planes de construcción).
- **Programación en 4D.-** Las tecnologías BIM-4D combinan los modelos BIM-3D con la cuarta dimensión que viene dada por las duraciones de las tareas de construcción programadas en un calendario de obra con algún software (Primavera o MS Project). Al combinar las actividades de un programa de ejecución de la construcción con elementos de un modelo BIM-3D se obtiene una simulación visual de la secuencia constructiva, que también es conocida como modelo 4D, ya que muestra simultáneamente las tres dimensiones geométricas del proyecto, más la cuarta dimensión del tiempo proveniente de las duraciones de las actividades de los procesos de construcción.

De esta manera, el manejo de modelos 4D ayuda a reducir la variabilidad, optimizar el tiempo de los ciclos de producción, incrementar la transparencia de los procesos y, en general, mejorar la confiabilidad del planeamiento. Estos son algunos de los puntos fuertes en el manejo de la productividad [9].

NIVEL 2:

- **Cálculos de Metrados y Costos.-** (Automatización del proceso de obtención de metrados y estimación de costos).
- **Visualización.-** (Mejora entendimiento del proyecto tanto para la ejecución como para fines comerciales).
- **Planeamiento de Seguridad.-** (Diseño de planes de seguridad antes de la

ejecución y herramienta gráfica para mejorar entendimiento de los mismos).

NIVEL 3:

- **Procura.-** (Interacción entre base de datos del modelo BIM y actividades de compra especializada de equipos).
 - **Análisis de Ingeniería y Simulaciones.-** (Interacción de modelos BIM con software de análisis para el diseño eficiente, estructural, de las instalaciones, entre otros).
 - **Gestión de Cadena de Suministros .-** (Interacción entre base de datos del modelo BIM para rastrear y conocer el estado de algunos componentes del proyecto).
 - **Análisis Financieros del ciclo de vida Modelos 5D.-** (Nos brinda la facilidad de contar con parámetros de rentabilidad que serán constantemente actualizados durante el ciclo de vida del proyecto).
 - **Mantenimiento de Instalaciones.-** (información dentro de los modelos puede ser útil para la operación y mantenimiento de los sistemas del edificio).
- b. **BENEFICIOS.-** Si bien, el BIM es un moderno modelo de trabajo de Arquitectura y Construcción, sus alcances van más allá, cubriendo todos los ámbitos del ciclo de vida y proceso constructivo del proyecto, ya que es un sistema capaz de reordenar ideas, coordinar los proyectos y trabajos de especialidades y estimula la capacidad de trabajar en equipo, así como servir de herramienta de gestión y control durante la vida útil del edificio.

BIM es un creador y administrador de datos para diseñar y construir grandes obras de edificación, Considerando la geometría del proyecto y datos adicionales, que van desde la ilustración del mismo, la información geográfica del lugar, entre otros. Todo ello utilizado de manera tridimensional y en tiempo real, lo que favorece el

diseño y la construcción. Sin embargo, BIM es mucho más que una tecnología 3D, ya que además de tener muchas ventajas respecto de trabajar con 2D, lo más importante es la información vinculada a cada objeto 3D que se coloca en el proyecto. Este nuevo modelo permite calcular y calcular costos, reduciendo los tiempos de producción de un proyecto, ya que permite una toma de decisiones más rápidas y con mejor documentación.

En síntesis, BIM tiene diversas ventajas por sobre otros modelos de diseño y construcción:

b.1. En la etapa de diseño

- En las primeras etapas del diseño, para probar que se ha cumplido con las expectativas del cliente, se puede obtener listados de materiales y cálculos de materiales generales.
- Obtención de los planos del proyecto: de plantas, de secciones, de elevaciones, de detalles y vistas 3D isométricas.
- Creación de imágenes foto realistas (renders), vistas de perspectivas, animaciones y escenas de realidad virtual para el marketing del edificio.
- Gestión de espacios y usos de los ambientes del edificio.
- Proveer datos para el análisis estructural de elementos del edificio.

b.2. En la etapa de construcción

El uso de modelos BIM durante la etapa de construcción involucra la incorporación de la herramienta en los análisis de Look Ahead y del Último Planificador.

- Planificación del Layout en distintos escenarios: los modelos 3D y 4D ayudan a construir lo que los planificadores siempre hacen mentalmente, pero no pueden reproducir adecuadamente en una hoja de papel.

- Los modelos permiten planificar la ubicación de materiales y equipos en escenarios cambiantes.
- Permite además ubicar grúas y elementos de izaje vertical y de movimiento horizontal.
- Comunicación con el Último Planificador: la discusión de la planificación semanal de obra requiere de herramientas visuales más potentes para que los maestros de obra, capataces y subcontratistas estén alineados con las metas de planificación. Es así que los modelos tridimensionales permiten una discusión colegiada de la planificación y posible detección de interferencias por flujo de materiales y equipos.
- Los modelos 4D mejoran la comunicación entre planificadores y cuadrillas.
- Metrados directos y costos: se puede asignar a cada elemento la información sobre la incidencia y metrados de los materiales que lo componen y sus costos. Este proceso evita hacer metrados convencionales y elimina la necesidad de digitar más de una vez los mismos datos.
- Logística y proveedores: los modelos 3D permiten mejorar la comunicación con los proveedores y subcontratistas, permitiendo la prefabricación de los componentes o fabricación de elementos a medida, de tal manera que la obra sea el sitio de ensamble bajo la estrategia de producción "just in time".
- El primer camino es aplicar modelos 3D desde la etapa de diseño. Los Equipos Multi-disciplinarios de diseño participan desde el anteproyecto: el arquitecto modela en BIM la arquitectura que concurrentemente es usada por los ingenieros especialistas de estructuras e instalaciones. Así, cada una de las especialidades usa el modelo 3D de manera simultánea, y luego se integra una sola plataforma para la identificación y resolución

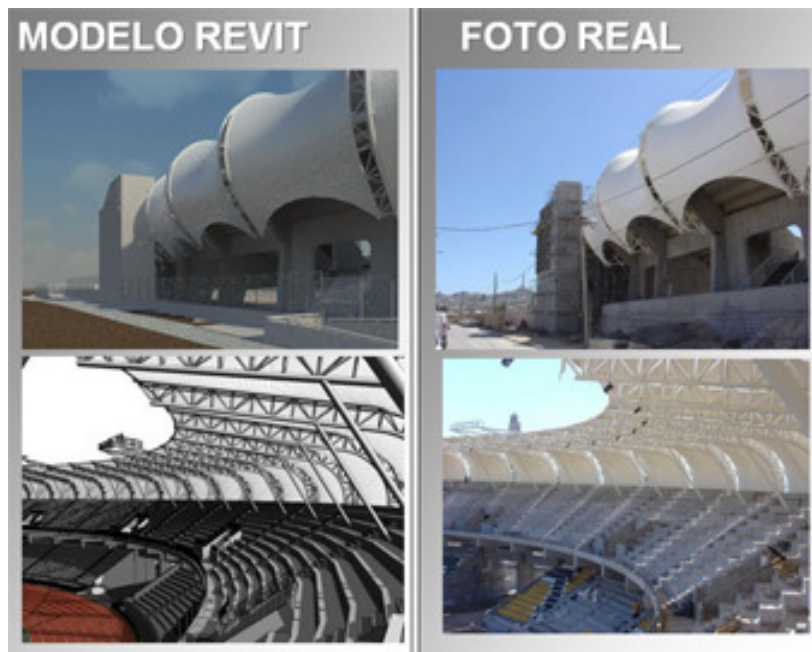


Figura 2.9: Imágenes Estadio Coquimbo, Montealegre Arquitectos, Chile - (fuente: BIM-INCONET)

de interferencias.

- El segundo camino, y posiblemente el más cercano, está en mano de los constructores. Los proyectistas entregan los planos en 2D a los constructores y estos modelan en 3D los proyectos. El modelo recopila toda la información descrita en las especificaciones técnicas y utiliza el 4D para modelar el proceso constructivo.

2.1.3. MARCO PARA LA IMPLEMENTACIÓN BIM

Building Information Modelling es un conjunto de Inter-actuales: políticas, procesos y tecnologías [10], que generan una "metodología para gestionar el diseño del edificio y de los proyectos de datos esenciales en formato digital en todo el edificio" durante el ciclo de vida del proyecto [11].

Esta definición es una de decenas de intentos de delimitar el dominio BIM que como plazo continúa su expansión en la cobertura y la connotación. Es importante si re-

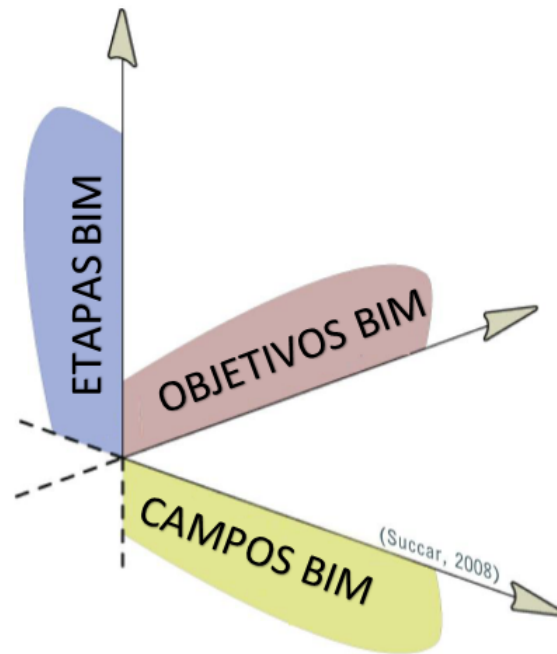


Figura 2.10: Marco BIM: Campos, Etapas y objetivos BIM - modelo triaxial - *fuentes: Propia*

conocemos BIM valor para ayudar a la industria de AECO, y estamos dispuestos a ayudar a su adopción sistemática, para identificar los dominios de estructuras de conocimiento, dinámicas internas y requisitos de implementación. Estos pueden ser mejor representados a través de una comprensión triaxial del dominio BIM:

- CAMPOS BIM, de la actividad de identificación de dominio "jugadores", sus "necesidades" y "entregas".
- ETAPAS BIM que delimitan los puntos de referencia mínimos de capacidad.
- OBJETIVOS BIM proporcionan la profundidad y amplitud de la investigación necesaria para identificar, evaluar y calificar Campos BIM y Etapas BIM.

2.1.3.1. MARCO PARA LA IMPLEMENTACIÓN BIM

El dominio BIM está compuesto de tres interacciones de campos distintivos de las siguientes actividades (Figura 2.12): tecnología, procesos y políticas. Cada uno de estos

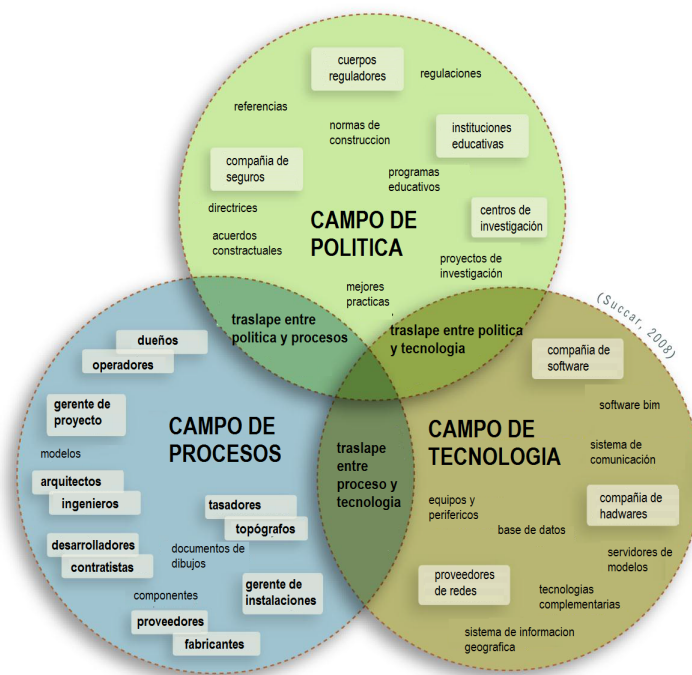


Figura 2.11: Tres Interacciones de Campos BIM de actividades diagrama de Venn - fuente: Propia

campos BIM tiene sus propios participantes, los requisitos y los resultados finales. Jugadores BIM pueden ser individuos, equipos, organizaciones u otras agrupaciones como se explica más adelante en las siguiente Sección.

Los campos BIM han identificado el uso de "conceptual clustering -agrupaciones conceptuales" de objetos de conocimiento observables dentro de la industria AECO. Estos grupos han sido "inductivamente inferidos" a través de una estrategia de observación y descubrimiento [12]. Los tres campos BIM interactúan dentro de la industria AECO generación de nuevos productos, servicios y funciones. La tabla 1 resume cada uno de los tres campos, sus interacciones y superposiciones:

- a. **Campo tecnológico.-** Grupo de organizaciones que se especializan en el desarrollo de software, hardware, equipos y sistemas necesarios para aumentar la eficiencia, la productividad y la rentabilidad de los sectores AECO redes

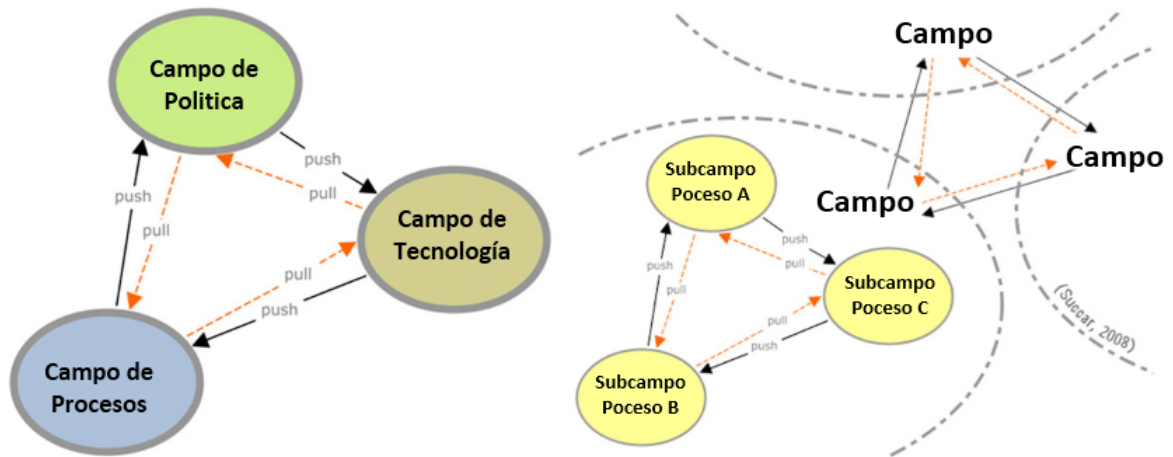


Figura 2.12: Interacciones BIM entre y dentro de los campos - vista combinada. - *fuentes: Propia*

- b. **Campo de procesos.-** Grupo de personas que se encargan de la: procura, diseño, construcción, fabricación, uso, gestionar y mantener las estructuras. Estos incluyen los propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas, administradores y todos los demás actores de la industria AECO participan en la entrega y el funcionamiento de los edificios o estructuras.
- c. **Campo de Política.-** grupo de personas que desempeñan unas funciones fundamentales preparatorias, reglamentarios y contractuales en el proceso de diseño, construcción y operaciones. Estas son responsables en la preparación de los profesionales, la entrega de la investigación, la distribución de beneficios, la asignación de riesgos y minimizar los conflictos dentro de la industria de la AECO.
- d. **Interacciones BIM.-** son transferencia de conocimiento push-pull (empujar-jalar) que ocurren dentro de un campo o entre campos. Mecanismos de empuje, transferir conocimientos de una persona-organización o un campo a otro, mientras que la transferencia de conocimiento mecanismos de tracción para satisfacer una solicitud por otra persona-organización o en el campo.

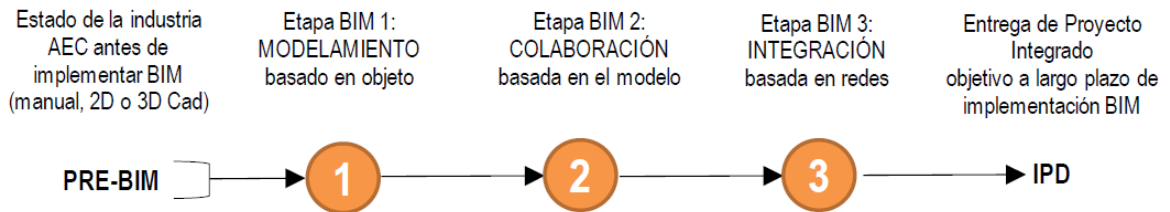


Figura 2.13: Madurez BIM se subdivide en tres etapas - *fuentes: B. Succar, Automation in Construction 18 (2009) 357,375*

2.1.3.2. ETAPAS Y PROCEDIMIENTOS BIM

Las Etapas BIM, definen los principales hitos que deben alcanzarse por equipos y organizaciones que adopten tecnologías y conceptos BIM. Las etapas BIM identifican un punto fijo de partida (el estado antes de la implementación BIM), tres etapas BIM fijas y un punto final variable que permite imprevistos futuros avances en tecnología.

En este capítulo se utiliza el término pre-BIM para representar el estado de la industria antes de la implementación de BIM y Entrega Integrada de Proyectos (IPD) para denotar un enfoque o un objetivo final de la implementación del BIM. Las Etapas del BIM incluyen tecnología, componentes de proceso y de política, y son los siguientes:

- BIM Etapa 1: el modelado basado en objetos
- BIM Etapa 2: colaboración basado en modelos
- BIM Etapa 3: Integración en red

a. Estado de Pre-BIM (Entrega de Proyecto Desarticulado)

La industria de la construcción se caracteriza por relaciones adversas, donde los arreglos contractuales fomentan evitar riesgos. Existe mucha dependencia en la documentación 2D para describir una realidad 3D. Incluso cuando se generan algunas visualizaciones 3D, estas son a menudo incoherente y dependiente de la documentación de dos dimensiones y los detalles. Cantidades, estimaciones y especificaciones de costos generalmente

no se derivan del modelo de visualización ni vinculadas a la documentación.

Del mismo modo, las prácticas de colaboración entre las partes interesadas no se priorizan y flujo de trabajo es lineal y asincrónica. En condiciones pre-BIM, la industria sufre de baja inversión en tecnología y la falta de interoperabilidad [13]

La figura(derecha) representa, elaboración a mano en 2D asistido por ordenador o de tecnologías de software basados en 3D no-objeto similar a AutoCAD® y SketchUp®.



Figura 2.14: Etapa Pre-BIM

b. BIM Etapa 1 (Modelización basada en objetos)

Se inicia a través de la implementación de un "software paramétrico 3D basada en objeto de "similar a ArchiCAD, Revit, Project® Digital y Tekla®. En la Etapa 1, los usuarios generan modelos independientes dentro de cualquiera de las tres fases del ciclo de vida del proyecto (diseño, construcción y operaciones). Los entregables del modelamiento son modelos Arquitectónicos, Estructurales y de Instalaciones de Diseño utilizados principalmente para automatizar la generación y coordinación de documentación 2D y visualización 3D.



Figura 2.15: Etapa 1

Las Prácticas de colaboración en la Etapa 1 son similares a la Etapa de pre-BIM y no existe intercambios basados en modelos significativas entre las diferentes disciplinas. Los intercambios de datos entre los participantes del proyecto son uni-direccional y las comunicaciones siguen siendo asíncrono y desarticulada.

La (figura 2.15)representa un modelo de una sola disciplina 3D ejemplificada de un arquitecto ArchiCAD®, Revit® o de un ingeniero estructural o modelo Tekla® de

un detallista de acero.

c. BIM Etapa 2 (Colaboración basada en el modelo)

En esta etapa puede ocurrir dentro de una o dos fases del ciclo de vida del proyecto. Incluyen el intercambio de diseño de modelos arquitectónicos y estructurales, el intercambio de modelos diseño-construcción. Es importante tener en cuenta que sólo un "modelo de colaboración" debe contener datos geométricos 3D para permitir intercambios BIM entre dos disciplinas. Un

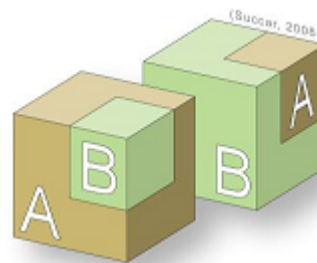


Figura 2.16: Etapa 2

ejemplo de esto es el intercambio entre un modelo basado en objetos 3D (Revit®), la programación de base de datos (MS Project®) o una base de datos de estimación de costos (Naviswork®). Tales intercambios permiten la generación de modelos 4D (análisis de tiempo) y 5D (estimación de costos).

Aunque la comunicación entre los involucrados BIM siguen siendo asincrónico, las barreras entre estos empiezan a desaparecer.

La (figura 2.16) representa el intercambio de modelos 3D entre dos disciplinas diferentes (A y B).

d. BIM Etapa 3 (Integración basada en redes)

En esta etapa los modelos integrados, se crean, comparten y mantiene en colaboración a través de las fases del ciclo de vida del proyecto y son semánticamente ricos. Esta integración se puede lograr a través de tecnologías de "servidor de modelo", bases de datos individuales integradas distribuidas. En esta Etapa BIM 3, los modelos se convierten en modelos interdisciplinarios[10] que permite análisis complejos en las primeras etapas de diseño virtual y la construcción.

En este escenario, los modelos entregables extienden más allá de las propiedades de objetos semánticos para incluir la inteligencia empresarial, principios de construcción, las políticas y todo el coste del ciclo de vida.

Trabajo colaborativo ahora "espirales iterativa" en torno a un amplio, unificado y compartible modelo de datos[10].

La (figura 2.17) representa la integración de modelos 3D utilizando una tecnología basada en la red. Cada uno de los modelos de una sola disciplina (representados por letras mayúsculas) es una parte integral del modelo interdisciplinario resultante.

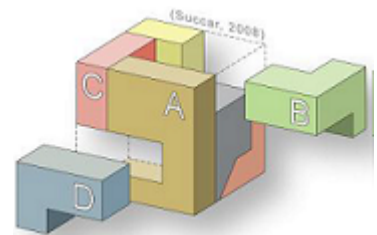


Figura 2.17: Etapa 3

2.1.3.3. ENTREGA DE PROYECTOS INTEGRADOS (IPD)

a. Modelos En Tiempo Real Inter-dependientes

La entrega de proyecto integrado, un término popularizado por el Instituto Americano de Arquitectos Consejo de California,[14] es adecuado para la representación de una visión a largo plazo del BIM como una amalgama de tecnologías de dominio, procesos y políticas. El término es genérico suficiente y potencialmente más comprensible por la industria que no sea "totalmente integrada y tecnología automatizada".

La selección de Entrega Integrada de Proyectos (IPD) como el "objetivo" de las implementaciones de BIM no es a la exclusión de otras visiones que aparecen bajo diferentes nombres. Por el contrario, la ruta de Pre-BIM (un punto de partida fijo), pasando a través de tres etapas bien definidas hacia una IPD vagamente definido es un intento de incluir todas las visiones BIM pertinentes independientemente de sus fuentes originarias.

b. Pasos

2.1. MODELADO DE LA INFORMACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (BIM)

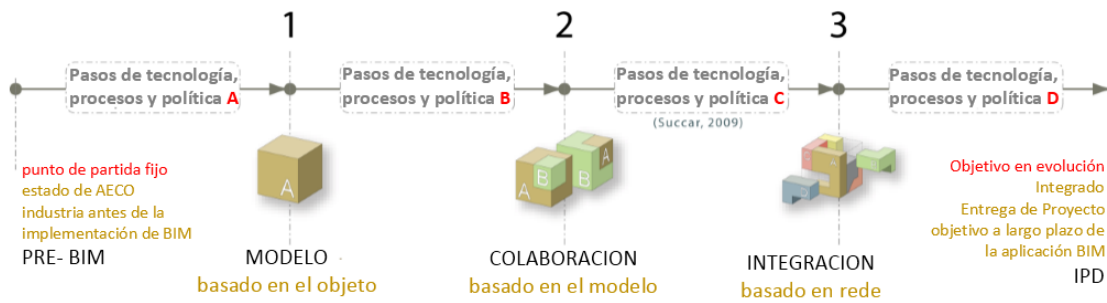


Figura 2.18: Establece Paso conducentes o separan Etapas BIM - v1.0 modelo lineal-
Fuente Succar 2009

Establecer una serie de pasos que deben ser cumplidas para poder avanzar entre las etapas de implementación BIM. Estos pasos se han dividido en función de los campos BIM(Tecnología, Procesos y Política).

- tecnología en software, hardware y redes. Por ejemplo, la disponibilidad de una herramienta BIM permite la migración de la redacción, a base de un flujo de trabajo definido. (BIM Etapa 1)
- proceso en Liderazgo, Infraestructura, Recursos Humanos y Productos/Servicios. Por ejemplo, los procesos de colaboración y habilidades para compartir la base de datos son necesarios para permitir la colaboración basada en modelos (BIM Etapa 2).
- políticas en los contratos, los reglamentos y la investigación/educación. Por ejemplo, la alianza con sede y acuerdos contractuales de riesgo compartido son pre-requisitos de red basada en la integración (BIM Etapa 3).

Se emplean para establecer la Capacidad BIM o puntos de referencia BIM. También pueden ser utilizados por los equipos y organizaciones para implementar ya sea BIM o evaluar su aplicación.

2.1. MODELADO DE LA INFORMACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (BIM)

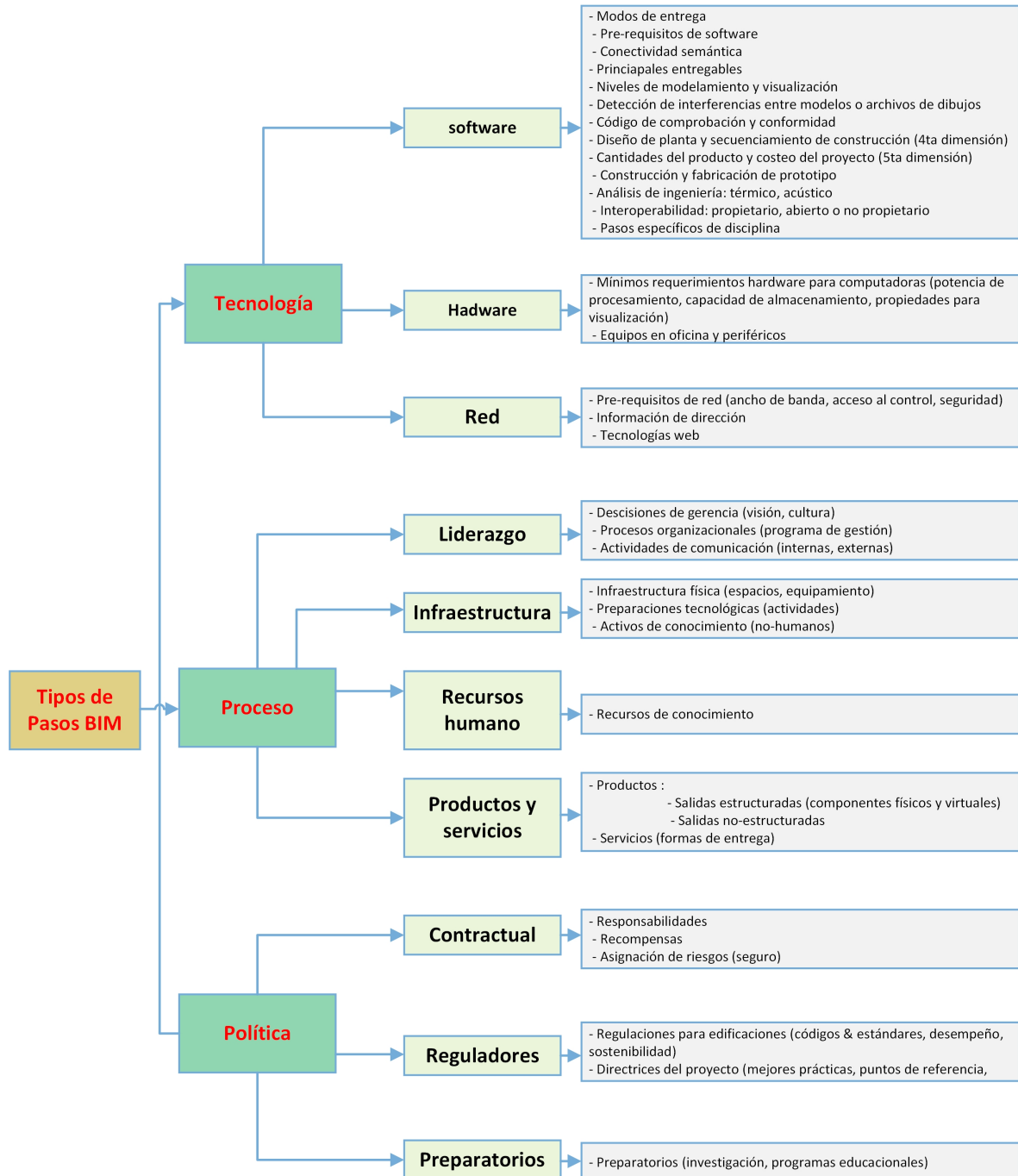


Figura 2.19: Lista indicativa y no exhaustiva de los tipos de Paso BIM - mapa mental vista.- Fuente Succar 2009

2.1.4. HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍAS BIM

2.1.4.1. AUTODESK REVIT: La Encarnación Del Modelo BIM

El sistema Revit ², inicialmente adquirido y luego desarrollado por Autodesk para implementar el concepto BIM, es el software que encarna este nuevo paradigma tecnológico. La enorme ventaja de Revit por sobre otros productos similares está dada por su integración con el entorno AutoCAD. Como sabemos, en la construcción existe hoy en día un verdadero "ecosistema" constituido por el flujo incesante de archivos en formato AutoCAD (extensión DWG). Como esto no cambiará por mucho tiempo, es fundamental que el trabajo con BIM se integre sin problemas en esta realidad. Sólo Revit permite ir y venir con planos de AutoCAD con el menor esfuerzo y sin pérdida de datos.

Revit se implementa en tres productos distintos y articulados entre sí: Architecture, Structure y MEP.

- **Revit Architecture:** Soporta todo el trabajo del arquitecto en cuanto a modelado de volúmenes, proyecto, documentación, planillas de datos, render, animaciones.
- **Revit Structure:** El ingeniero agrega las cargas y comunica el modelo con el sistema de cálculo, obteniendo el modelo adecuado para ser incorporado al modelo arquitectónico.
- **Revit MEP:** Contiene los comandos para planear, desarrollar y documentar las instalaciones de aire acondicionado, electricidad y plomería, que se integran a la maqueta general. Se facilita la detección de interferencias -que señala el propio sistema- así como los ajustes al proyecto en cada una de las especialidades.

² Revit (*por "Revise Instantly" que significa revisar de forma instantánea*)

2.1.4.2. NAVISWORKS: Gestión De Modelos BIM.

NavisWorks es una solución integral de revisión, gestión y presentación de proyectos que apoya la coordinación, el análisis y la comunicación de la intención del diseño y constructabilidad. Datos de diseño multi-disciplinarias creados en (BIM), prototipo digital, datos de planificación y gestión (Project, Primavera, Excel) y aplicaciones de diseño de plantas de procesamiento se pueden combinar en un único modelo de proyecto integrado.

Autodesk NavisWorks es una solución avanzada de tratamiento de modelos 3D y planos 2D para analizar proyectos, detectar interferencias, y gestionar subcontratas y equipos de trabajo, que nos ayuda a predecir y detectar de manera temprana errores en proyectos, y reducir o evitar fallos de cálculo posteriores, gracias a las enormes ventajas del análisis y visualización inteligente 3D/2D que realiza NavisWorks. Autodesk NavisWorks Proporciona un variado conjunto de soluciones que facilitan la labor de visualización, revisión, y análisis de proyectos diseñados en 3D³, para experimentar y probar diseños con mayor facilidad antes de convertirlos en realidad. Inicialmente, NavisWorks estaba formado por un módulo básico llamado Roamer y por varios plug-in .

- Roamer - La parte central de JetStream permitía a los usuarios abrir modelos creados por diversos software de diseño 3D , además de formatos de escaneo láser y combinarlos en un único modelo 3D.
- Clash Detective - Un plug-in para permitir la detección de interferencias o conflictos de geometría en la fase de diseño.
- TimeLiner - Agrega simulación 4D por lo que el usuario puede vincular geometría a la planificación, para simular la construcción o demolición del modelo con el

³ Modelos 3D, (*Diseñados en: AUTOCAD, INVENTOR, REVIT, CATIA, PRO-ENGINEER, SOLIDWORKS*)

tiempo. También vínculos con software de programación de proyectos (como el Microsoft Project o Primavera) para importar datos del trabajo.

2.2. LEAN PROYECT DELIVERY SYSTEM

2.2.1. LEAN CONSTRUCTION

Se define Lean Construction como un sistema en la gestión de producción de la industria de la construcción basada en la reducción de pérdidas durante la ejecución del proyecto (eficiencia) y que conlleve a la entrega de producto a tiempo y con valor agregado (eficacia) El principio de esta teoría es su enfoque en las pérdidas y en la reducción de las mismas. Esto se ve plasmado fundamentalmente en el manejo del modelo de flujos y no en el modelo de conversión planteado en el enfoque tradicional de producción [15]

Por ello, el modelo de flujo de producción permite lo siguiente: "visualizar las abundantes pérdidas que usualmente se encuentran en la construcción y que el modelo de conversión no permite ver. En vez de mejorar únicamente los procesos, la nueva filosofía apunta a mejorar tanto los procesos como los flujos."

La principal función de este proceso es generar una disgregación jerárquica del trabajo; ya que, así estas actividades descompuestas a realizar dentro de la planificación serán inspeccionadas y perfeccionadas.

La visión holística del proyecto es lo esencial del modelo de flujo procesos; puesto que, permite visualizar las interconexiones de los procesos previamente ignorados. Dicho modelo de flujo de procesos divide las actividades en trabajo productivo (TP), trabajo contributorio (TC) y trabajo no contributorio (TNC), lo cual representa con mayor exactitud lo que ocurre en la realidad[15].

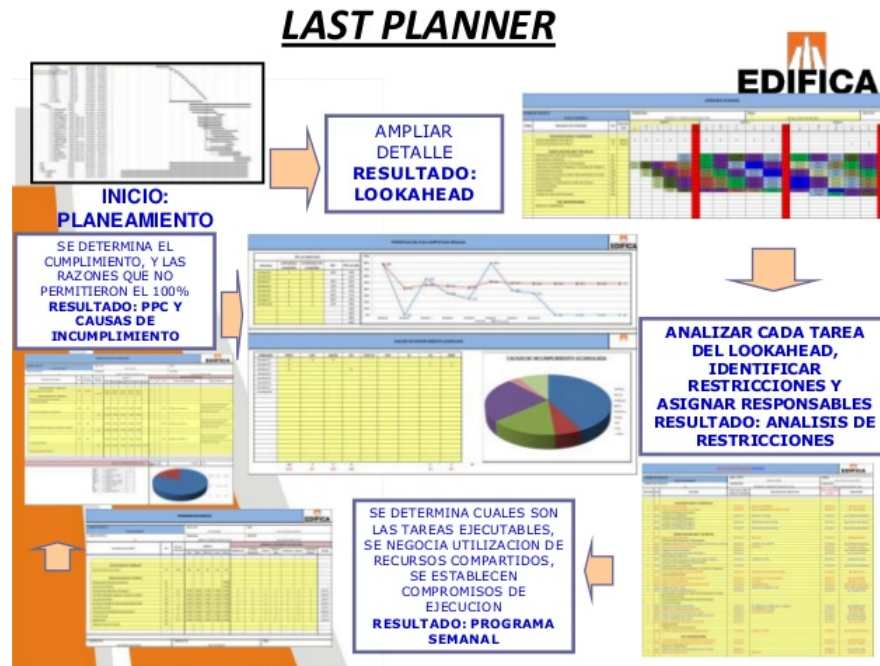


Figura 2.20: Sistema de Gestión Last Planner- Fuente EDIFICA, Expositor Ing. César Guzmán Marquina

2.2.2. LAST PLANNER SYSTEM

La planificación en la construcción es realizada por diferentes personas en la fase inicial del proyecto. Al planificar el proyecto, se establecen los objetivos, metas y entregables del proyecto en función al alcance. Posterior a esto, en la fase de ejecución del proyecto se decide qué es lo que se debería hacer para cumplir las metas estipuladas en la fase de planificación, desarrollando el programa macro. El ejecutor debe decidir qué se hará mañana o la semana siguiente. El trabajo o actividades que son posibles de realizar se denominan asignaciones y, la persona que determina qué asignaciones serán realizadas, cuándo y por quién, se llama el Last Planner o último planificador.

2.2.3. LOOK AHEAD

El proceso de planificación Lookahead es el segundo nivel en la jerarquía del sistema de planificación. Es parte del programa maestro resaltando más detalladamente las

actividades que deberían hacerse en un futuro cercano (suele estar entre 3 a 6 semanas).

Lo que obtendremos en la planificación Lookahead es un conjunto de tareas para un intervalo de tiempo dado. Cada una de estas tareas tiene asociada un conjunto de restricciones.

Después de identificar cada una de las tareas y sus restricciones dentro de la Planificación Lookahead, se procede a realizar el análisis de las restricciones.

2.2.4. TREN DE ACTIVIDADES

Esta metodología se basa en dividir los volúmenes de trabajo en porciones pequeñas, más manejables. La programación de cada actividad se logra mediante el balance de la capacidad de las cuadrillas asignadas a cada actividad, eliminando así tiempos de espera y tiempos muertos. Entre sus características tenemos las siguientes:

- Es una programación lineal basada en lograr volúmenes de producción similares para cada día, en cada cuadrilla.
- La cantidad de trabajo "Q" que se ejecuta en cada una de las estaciones debe ser aproximadamente la misma.
- La capacidad de cada estación está diseñada para la cantidad de trabajo "Q".
- Todos los días se tiene el mismo avance.

2.2.4.1. Elaboración del Tren de Actividades:

Se busca que, una vez detallada la secuencia constructiva para la ejecución de un elemento o partida, una cuadrilla específica pueda realizar todos los días la misma actividad, cambiando únicamente de lugar de trabajo. La metodología para elaborar un tren de actividades es la siguiente:

- a. **Sectorizar.-** el área de trabajo en pequeños sectores que puedan ser construidos en un día de trabajo, de manera de conseguir repetición en los trabajos y aprovechar las ventajas de la curva de aprendizaje.
- b. **Listar.-** Las actividades que conforman el trabajo que se va a ejecutar en cada sector. El detalle de este listado deberá ser tal que permita entender claramente el proceso y a su vez que no signifique manejar muchas actividades que puedan confundir a los obreros.
- c. **Secuenciar.-** Las actividades previamente listadas de modo que se cubran todos los sectores de trabajo. Este es el paso que toma más tiempo y es muy común que las primeras secuencias que se consideren no sean las mejores, estas se irán mejorando a lo largo del Proyecto. Se incluirán buffers en función a la variabilidad de las actividades. Siempre se tiene que tomar en cuenta que la duración del tren debe encajar dentro de los hitos del plan general.
- d. **Dimensionar.-**La cantidad de obreros y de equipos necesario, considerando:
 - Metrados de cada sector (del más representativo)
 - Velocidad de avance de cada cuadrilla básica
 - Número de cuadrillas básicas para que las actividades se ejecuten en 1 sólo día (en lo posible).

Este tipo de programación convierte todas las actividades en críticas, a diferencia del tradicional CPM, en el que al tomarse una sola ruta crítica se está considerando que existen holguras para otras actividades que a la larga se convierten en "pérdidas".

2.2.5. LA SINERGIA LEAN-BIM

BIM alimenta en los principios de Lean Construction creando un terreno común de mejora. Se puede afirmar que hay cuatro principales vínculos entre Lean y BIM. En



Figura 2.21: Sinergia Lean-BIM, optimizar la productividad en la construcción- *Fuente INNOVA PERÚ Ingeniería y Construcción SAC*

primer lugar, BIM contribuye directamente en los principios del Lean. Un ejemplo es el de la detección de incompatibilidades.

En segundo lugar, los principios y métodos de Lean pueden ser compatibles o facilitadas a través de BIM. En este caso, las funcionalidades BIM existentes se utilizan de una manera sistemática para permitir que los procedimientos y principios Lean. Por ejemplo, se añade una simulación por ordenador de una secuencia de la construcción como una parte esencial de la planificación colaborativa de tareas de sitio.

En tercer lugar, los métodos y las herramientas basado en BIM pueden ser desarrollados y utilizados para la realización de los principios Lean. Modelos de costos, tomando sus datos de entrada directamente desde un modelo de información de edificios, apoyan este principio Lean.

En cuarto lugar, se argumenta que los principios de Lean facilitan la introducción de BIM. En Lean Construction, el énfasis está en la previsibilidad, la disciplina y la colaboración. Estas son características que apoyará la introducción y aplicación de

tecnologías basadas BIM, especialmente las soluciones comerciales, y soluciones de organización desarrollados para la creación de un entorno de colaboración para la aplicación de Lean, parecen ser adecuado también para obtener todos los beneficios de BIM.

2.3. INDICADORES ECONÓMICOS PARA LA EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD DE PROYECTOS

2.3.1. DEFINICIÓN

La evaluación de inversiones de capital es el estudio y aceptación de proyectos de aplicación de recursos, cuyos beneficios se esperan recibir en un momento futuro.

La evaluación de inversiones implica formular proyectos de inversión, estimar sus posibles flujos de fondos y evaluarlos, seleccionar proyectos según un adecuado criterio de aceptación y finalmente reevaluarlos sistemáticamente después de haberlos aceptado[16]

Todo proyecto requiere de un análisis sistemático para la determinación de su factibilidad o no de ejecución, sobre todo en momentos donde las tasas de interés mantienen una alta volatilidad o son representativas de los niveles de inflación de un país, es decir, en economías con bajo o poco equilibrio financiero. En este sentido, los Análisis de proyectos revisten n valor fundamental para los procesos de inversión de las empresas, de allí que los mismos ameritan de un delicado estudio de variables que deben ser detenidamente estudias y revisadas para garantizar al inversionista el uso último de sus recursos financieros.[17]

2.3.2. IMPORTANCIA

El análisis de los proyectos constituye la técnica matemático-financiera y analítica, a través de la cual se determinan los beneficios o pérdidas en los que se puede incurrir al pretender realizar una inversión u algún otro movimiento, en donde uno de sus objetivos es obtener resultados que apoyen la toma de decisiones referente a actividades de inversión.

Asimismo, al analizar los proyectos de inversión se determinan los costos de oportunidad en que se incurre al invertir al momento para obtener beneficios al instante, mientras se sacrifican las posibilidades de beneficios futuros, o si es posible privar el beneficio actual para trasladarlo al futuro, al tener como base específica a las inversiones.

Una de las evaluaciones que deben de realizarse para apoyar la toma de decisiones en lo que respecta a la inversión de un proyecto, es la que se refiere a la evaluación financiera, que se apoya en el cálculo de los aspectos financieros del proyecto.

2.3.3. FINES

El análisis financiero se emplea también para comparar dos o más proyectos y para determinar la viabilidad de la inversión de un solo proyecto. Sus fines son, entre otros:

- Establecer razones e índices financieros derivados del balance general.
- Identificar la repercusión financiar por el empleo de los recursos monetarios en el proyecto seleccionado.
- Calcular las utilidades, pérdidas o ambas, que se estiman obtener en el futuro, a valores actualizados.
- Determinar la tasa de rentabilidad financiera que ha de generar el proyecto, a partir del cálculo e igualación de los ingresos con los egresos, a valores actualizados.

- Establecer una serie de igualdades numéricas que den resultados positivos o negativos respecto a la inversión de que se trate

2.3.4. CONCEPTOS PREVIOS

- INGRESOS.-** Los Ingresos son la raíz de todo el estudio, de él parten todos los análisis para conocer si los mismos serán favorables y rentables para la futura empresa a través de las valuaciones futuras.
- EGRESOS.-** Se denomina egreso, a la salida de dinero de las arcas de una empresa, proyecto u organización.
- COSTOS.-** Los costos con la valoración que se busca conocer para garantizar que nuestro proyecto esté en equilibrio a los ingresos, para ello estudiaremos el costo unitario de la materia prima, la cantidad exacta de unidades a producir, los costos indirectos de fabricación, así como también los de mano de obra directa para encontrar así el costo total de venta de los productos o servicios que pretende elaborar o prestar con la realización del proyecto.
- GASTOS.-** Podemos decir que el gasto es una salida de dinero que no es recuperable, a diferencia del costo, que si lo es, por cuanto la salida es con la intención de obtener una ganancia y esto lo hace una inversión que es recuperable. Existen diferente tipos de gasto en un proyecto, y dentro de ellos podemos encontrar los gastos de administración, de venta y gastos financieros que afectan los ingresos en cualquier proyecto y para lo cual será necesario hacer una estimación lo más cercana posible para conocer con mucho más detalle las ganancias.
 - **Gastos de administración.-** Son todos los gastos relacionados con la administración de la empresa, por ejemplo la planilla de empleados que corresponda, gastos de energía eléctrica, gastos telefónicos, insumos de administración, depreciaciones, amortizaciones, contratación, inducción, celebraciones

2.3. INDICADORES ECONÓMICOS PARA LA EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD DE PROYECTOS

especiales, etc.

- **Gastos Financieros.-** Son los incurridos por la adquisición de préstamos en el sistema financiero para compensar el requerimiento de efectivo en la apertura de la empresa; como puede ser la cantidad de capital de trabajo necesario, alguna maquinaria para el funcionamiento, etc.
 - **Amortización.-** Desde el punto de vista financiero, se entiende por amortización, el reembolso gradual de una deuda. La obligación de devolver un préstamo recibido de un banco es un pasivo, cuyo importe se va reintegrado en varios pagos diferidos en el tiempo. Se refiere a las diversas modalidades mediante las cuales se realiza el pago de un crédito o préstamo. Estos pagos incluyen los intereses que devenga la deuda, así como la devolución del monto del préstamo, capital o principal.
- e. **RESULTADO OPERATIVO.-** Otro concepto contable, pero este representa un resumen de nuestros futuros ingresos y gastos, menos impuestos y reservas para conocer uno de los datos más importantes en la valuación de la empresa; que es nuestra utilidad neta o pérdida neta si se llegara a implementar dicho proyecto.
- f. **TASA DE DESCUENTO-"I".-** La tasa de descuento es un coeficiente matemático por el que se afectan los valores actuales para obtener valores futuros y viceversa, según las expresiones que se verán más adelante. Está relacionada con los tipos de interés, con la inflación y con el periodo de evaluación considerado.
- La tasa de descuento depende del precio con el que nos prestan el dinero los bancos i_n , y la inflación que se mide mediante el Índice de Precios al Consumo ipc

$$i = \frac{i_n - ipc}{1 + ipc} \quad (2.3.1)$$

Puede interpretarse como el coste de oportunidad del proyecto respecto a otras posibilidad de inversión.

2.3.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS

Corresponde a métodos de Evaluación que permiten analizar el estado de una empresa a través de sus: índices de liquides, razones de endeudamiento, razones de rentabilidad, razones de cobertura.

La evaluación económica de un proyecto, se inicia una vez que se dispone de información básica pero concreta del proyecto. Consiste en determinar las condiciones de factibilidad para la realización de un proyecto, mediante el análisis sistemático de la relación existente entre los ingresos y egresos esperados del mismo, que determina el Flujo de Efectivo Neto, valor este que se traduce en la Rentabilidad Neta del Proyecto, para ello se sugiere el análisis de las variables del proyecto, siguiendo un conjunto de estudios preliminares y continuos, que son:

2.3.5.1. Determinar Los Ingresos Del Proyecto.

El primer paso está asociado a la determinación de los ingresos esperados. Podemos entonces establecer que los ingresos del proyecto son los calculados mediante la suma de los ingresos obtenida de cada cantidad de productos vendidos (metrados por partidas de ejecución) por el precio del costo unitario contractual de cada una de las partidas, es decir:

$$Ingresos = \sum_{x=1}^n Cu_x * Qm_x \quad (2.3.2)$$

Donde:

Cu_x = Costo unitario Contractual de cada Partida.

2.3. INDICADORES ECONÓMICOS PARA LA EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD DE PROYECTOS

Qm_x = Cantidad por metrados de cada partida.

x = Número de Partidas.

2.3.5.2. Determinar Los Egresos Asociados Al Proyecto.

Una vez conocidos los ingresos esperados para el proyecto, es necesario determinar los egresos asociados al proyecto, compuestos por la suma de los costos y gastos involucrados en la realización del proyecto.

- **Determinar Costos de Producción.-** Son los costos asociados a nuestro producto, siendo un factor fundamental para el análisis de la inversión. Para ello se deben considerar algunas variables particulares como lo son: la materia requerida por producto, la mano de obra directa requerida en su elaboración y los costos indirectos de fabricación.

$$CP = MP + MOD + CIF \quad (2.3.3)$$

- **Determinar Gastos de Producción.-** Los primeros gastos a ser determinados, corresponden a los gastos de administración (Ga), aquí se debe incluir sueldo y carga social de administración, servicios públicos, insumos de administración, depreciación de edificaciones, mobiliario y equipo, amortización, así como los gastos pre-operativos y seguros, entre otros.

Todos previamente también considerados en el estudio de pre-factibilidad.

Otro gasto que deben ser considerados en un estudio de evaluación económica, son los asociados a Gastos Financieros (Gp), que corresponde al monto total de capital prestado y que ha sido evaluado en el estudio de pre-inversión, y que

2.3. INDICADORES ECONÓMICOS PARA LA EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD DE PROYECTOS

podrá ser maneja a través de saldos insolutos o el de cuota fija nivelada.

Podemos entonces establecer que los Egresos del proyecto son los calculados mediante la suma de los gastos involucrados en el mismo, es decir:

$$Egresos = CP + Ga + Gf + CI \quad (2.3.4)$$

Donde:

CP =costo de producción

Ga =gasto de administración

Gf =gasto financieros

CI =costo de Inversión

2.3.5.3. Elaborar la Evaluación Económica del Proyecto.

La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos-Financieros es una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones por parte de los ingenieros y administradores financieros, ya que se corresponde al análisis que se anticipa al futuro y que está orientado a evitar posibles desviaciones y problemas en el largo plazo.

2.3.5.4. VALOR ACTUAL NETO (VAN).-

El VAN es la diferencia entre el valor actual de los flujos de caja netos que produce una inversión y el desembolso inicial requerido para llevarla a cabo, y representa el aumento o disminución del valor de la empresa por realizar la inversión. Aplicando una tasa que corporativamente consideremos como la mínima aceptable para la aprobación de un

2.3. INDICADORES ECONÓMICOS PARA LA EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD DE PROYECTOS

proyecto de inversión, pueda determinarnos, además, el Índice de conveniencia de dicho proyecto.

$$VAN = -I_{nv} + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j} \quad (2.3.5)$$

Donde:

F_j = Flujo Neto en el Período j

I_{nv} = Inversión en el año "0"

i = Tasa de Descuento

n = Horizonte de Evaluación

Un proyecto es rentable para un inversionista si el VAN es mayor que cero.

- $VAN > 0 \implies$ Proyecto Rentable (realizarlo).
- $VAN < 0 \implies$ Proyecto NO Rentable (archivarlo).
- $VAN \approx 0 \implies$ Proyecto Indiferente.

Es muy importante el momento en que se perciben los beneficios. Un proyecto puede ser evaluado a diferentes tasas de descuento, y con ello obtenemos diferentes valores para el VAN.

Por lo tanto, la rentabilidad depende de la tasa de interés o tasa de descuento utilizada (tal y como se puede ver en la figura 2.22).

Se recomienda que se calcule con una tasa de interés superior a la Tasa de Interés de Oportunidad (TIO), con el fin de tener un margen de seguridad para cubrir ciertos riesgos, tales como liquidez, efectos inflacionarios o desviaciones que no se tengan previstas. La TIO puede ser considerada como la tasa máxima aportada por un banco al colocar la inversión que se espera o estima invertir en el proyecto.

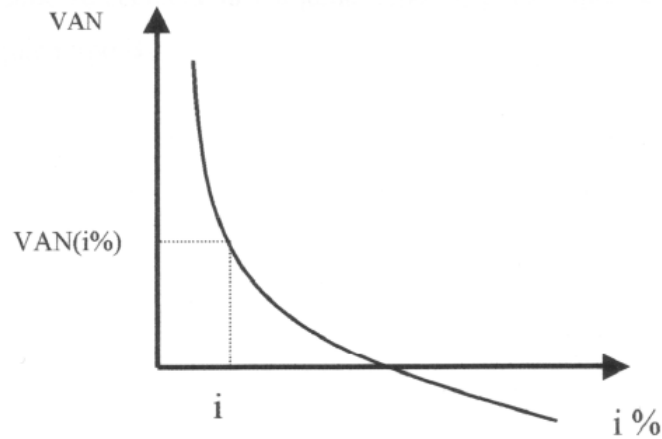


Figura 2.22: Relación VAN-Tasa de Descuento- Fuente Área de Proyectos de Ingeniería Universidad de Granada-nov 2009

2.3.5.5. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).-

Se define a la Tasa Interna de Retorno (T.I.R.) como la verdadera tasa a la cual una inversión es recuperada por los ingresos generados por un proyecto. Operativamente, consiste en llevar a 0 la suma del flujo futuro de fondos (VAN)[18].

Es aquella tasa a la cual los ingresos incrementales que se esperan de un proyecto tienen un valor descontado exactamente igual al valor descontado de todos los egresos de fondos incrementales en que hay que incurrir para encarar un determinado proyecto. Corresponde al rendimiento (expresado en porcentaje), de una unidad de capital en una unidad de tiempo. Se calcula a partir de la expresión del VAN, igualando este a cero.

$$0 = -I_{inv} + \frac{F_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} \quad (2.3.6)$$

$$TIR = -I_{inv} + \sum_{j=0}^n \frac{F_j}{(1 + i)^j} = 0 \quad (2.3.7)$$

2.3. INDICADORES ECONÓMICOS PARA LA EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD DE PROYECTOS

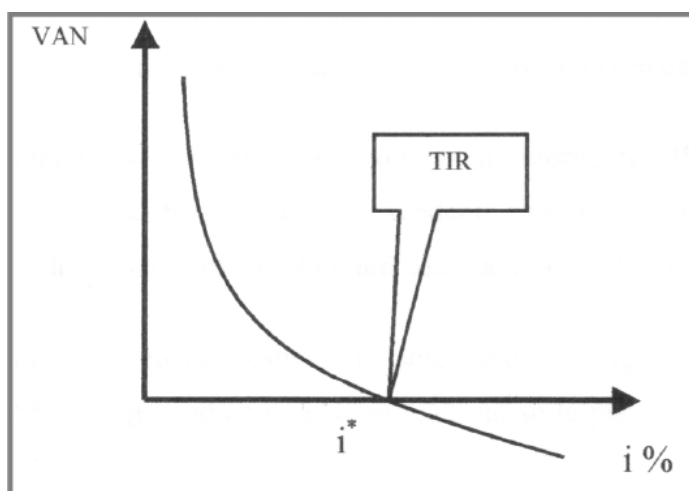


Figura 2.23: Relación VAN-Tasa de Descuento- Fuente Área de Proyectos de Ingeniería Universidad de Granada-nov 2009

Donde:

F_j = Flujo Neto en el Período j

I_{mv} = Inversión en el año "0"

TIR = Tasa Interna de Retorno

n = Horizonte de Evaluación

i = Tasa de Descuento

Teniendo en cuenta los aspectos teóricos tratados, podemos decir que la diferencia técnica en los fundamentos del VAN y la TIR se reduce simplemente a una forma de expresión diferente de los resultados. En tanto a través del TIR se arriba a un resultado expresado en términos porcentuales, el VAN lo hace con un valor porcentual, la tasa de descuento y un valor absoluto, justamente el Valor Actual Neto.

2.3.5.6. RELACIÓN COSTO BENEFICIO (B/C)

La Relación Costo-Beneficio (B/C) es el cociente entre los beneficios totales del proyecto actualizados al año "0" y los costes totales del proyecto actualizados al año "0".

La razón Costo-Beneficio (B/C) indica que un proyecto es rentable (cociente mayor de

2.3. INDICADORES ECONÓMICOS PARA LA EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD DE PROYECTOS

la unidad), pero no indica que proyecto es mejor entre varias alternativas. Para lo cual se puede determinar, mediante la siguiente Expresión.

$$R_{B/C} = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{B_j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}} \quad (2.3.8)$$

Donde:

$R_{B/C}$ = Relación Costo -Beneficio

B_j = beneficio en el año "j"

C_j = Coste en el año "j"

i = Tasa de Descuento

n = Horizonte de Evaluación

2.3.5.7. FLUJO NETO DE CAJA

Se define al flujo de caja (en inglés cash flow, a los flujos de entradas y salidas de caja o efectivo, en un período dado. El flujo de caja es la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado y, por lo tanto, constituye un indicador importante de la liquidez de una empresa. El estudio de los flujos de caja dentro de una empresa puede ser utilizado para determinar:

- Problemas de liquidez. El ser rentable no significa necesariamente poseer liquidez. Una compañía puede tener problemas de efectivo, aun siendo rentable. Por lo tanto, permite anticipar los saldos en dinero.
- Para analizar la viabilidad de proyectos de inversión, los flujos de fondos son la base de cálculo del VAN y del TIR.

Se puede Determinar el flujo de Caja de un proyecto, mediante la siguiente expresión.

$$FNC = I_{v.contr} + I_{v.reajustes} + I_{v.adicionales} - A_{amortizaciones} \quad (2.3.9)$$

$$- C_{Directo} - G_{gastosgenerales} - C_{Indirecto} \quad (2.3.10)$$

2.4. DEFICIENCIA DE DISEÑO: DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

En proyectos de edificaciones desarrollados según el modelo tradicional Diseño/Licitación/Construcción, los documentos de diseño e ingeniería son elaborados en la etapa de diseño por: consultores y proyectistas de ingeniería y arquitectura, quienes tienen un papel importante en los proyectos de construcción, ya que trasladan las necesidades y requerimientos del cliente en planos y especificaciones técnicas. Estos documentos, al contener toda la información necesaria para llevar a cabo la construcción, sirven de base durante el proceso de licitación y posteriormente se entregan a la empresa contratista seleccionada como documentos oficiales para que comience con la ejecución.

Basados en los estudios realizados ⁴, hay muchas maneras en que los documentos de diseño e ingeniería pueden influir negativamente en el cumplimiento eficiente en tiempo y costo de proyectos de construcción. Algunos de estos problemas más comunes, que afectan principalmente a la contratista, son:

1. Los documentos de licitación incompleta e inadecuada.
2. Plano de diseño e ingeniería incompletos
3. Errores u omisiones en los planos

⁴Hanvey. (2007) *para la consultoría internacional "Interface Consulting" encargada de absolver y dar arbitraje a las disputas y reclamos entre la contratista y el cliente/propietario*

4. Los documentos de diseño Inconsistente (planos vs. especificaciones)
5. Cambio excesivas de las solicitudes de información (Request For Information-RFI)
6. Excesivo tiempo de espera de los (RFI)

2.4.1. DEFICIENCIA EN LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES DE DISEÑO

Como se vio anteriormente, las deficiencias en los documentos contractuales de diseño están asociadas principalmente a la falta de calidad de los productos finales de la etapa de diseño, es decir en los planos y especificaciones técnicas.

En un estudio enfocado en cómo mejorar el diseño para asegurar la calidad de los documentos contractuales⁵, reportó que "aproximadamente la mitad de todas las modificaciones del contrato de construcción pueden ser atribuidas a las deficiencias de diseño" las cuales se clasifican en tres tipos que a continuación se detalla:

2.4.1.1. Incompatibilidades, Conflictos O Discrepancias En Los Documentos Contractuales

Se entiende por "Incompatibilidad", a la incoherencia de cierta información proporcionada por los planos o especificaciones técnicas cuando estos documentos tienen inconsistencias, errores y omisiones. Frecuentemente, estas deficiencias de diseño son identificadas cuando se comparan los distintos planos del proyecto, sean o no planos de la misma especialidad. En estos casos, las incompatibilidades se deben a una incorrecta representación gráfica bidimensional o simplemente a la falta de claridad en su presentación.

⁵conducido por la Universidad de Purdue *por encargo del US Army Corps of Engineers (Luitz, Hancher, y East, 1990)*



Figura 2.24: Clasificación de RFI por tipo de consulta- *Tesis Vladimir Alcántara-2013*

Para identificar estas deficiencias se requiere de una minuciosa revisión de los documentos contractuales de diseño e ingeniería (design review), con el fin de comprobar que los detalles e indicaciones que figuran en ellos concuerden entre sí. Este proceso de revisión e identificación de incompatibilidades entre los documentos de diseño se le conoce como "compatibilización", otro de los términos muy usados en la industria de la construcción. Tradicionalmente, este proceso de compatibilización consiste básicamente en la superposición de los planos 2D por especialidades, en la que se busca garantizar que estos tengan la información necesaria con coherencia, consistencia y no tengan ambigüedades. Las incompatibilidades son los problemas de calidad de mayor incidencia en los planos de los proyectos de construcción.

La Figura 2.24 muestra que del total de consultas emitidas las de mayor frecuencia están asociadas a "deficiencias en los documentos de diseño/ingeniería" con 67.11% de incidencia.

2.4.1.2. Interferencias o Errores de Coordinación Interdisciplinaria

Las "interferencias", son deficiencias encontradas en los planos, que al no ser detectadas a tiempo generan en obra (campo) una interrupción espacial debido a la ubicación de un elemento sólido que impide la correcta instalación, montaje o construcción de algún

otro elemento. Estas deficiencias se deben a la falta de integración y coordinación entre las disciplinas del proyecto, sobre todo al momento de la elaboración de los planos en la etapa de diseño, pues generalmente ocurren entre los planos de dos o más especialidades y muy usualmente entre las distintas disciplinas o sistemas que forman parte de las instalaciones, debido a los cruces que se presentan en el desarrollo de sus recorridos.

A diferencia de las incompatibilidades, las interferencias son más difíciles de detectar, ya que los procesos tradicionales de compatibilización se dan mediante la superposición de los planos en planta 2D, sin tomar en cuenta los planos de corte o elevación debido a que, en la mayoría de los casos, los proyectistas de instalaciones no elaboran estos planos. Por consiguiente, las interferencias son comúnmente detectadas y resueltas en campo mediante fichas de observaciones que deben ser levantadas por medio de órdenes de cambio o re-trabajos que impactan sobre los costos y plazos del proyecto.

2.4.1.3. La Falta de Constructabilidad de los Diseños

Se define la constructabilidad (constructability)⁶ como "el óptimo uso del conocimiento y experiencia en construcción para ser aplicadas al planeamiento, diseño, procura y operaciones de campo para que se logren todos los objetivos del proyecto". Una definición de constructabilidad más específica concerniente al diseño sería la puesta del conocimiento y la experiencia para plantear soluciones de diseño que permitan construir o instalar algún componente de la edificación de la forma más eficiente y segura posible, mediante un uso óptimo de los recursos, permitiendo en algunos casos materializarlos a un menor costo. Esto implica traer toda la información y los conocimientos de la construcción antes de desarrollar la ingeniería de detalle y los diseños, ya que estos deben ser compatibles con los procesos de construcción a seguir durante esa etapa [19]. Cuando esto no es posible, es necesario realizar revisiones de

⁶Construction Industry Institute (CII)

constructabilidad en los diseños y sus respectivos documentos.

Las revisiones de constructabilidad son necesarias, pues permiten evaluar de qué manera algún componente de la edificación será construido. Esto es fundamental para fines de planificación, ya que de ello dependerá la cantidad de recursos (equipos, maquinarias, mano de obra) a emplear para llevarla a cabo, además de la selección los procesos constructivos más adecuados.

Una importante proporción de los problemas detectados durante la etapa de construcción es debido a la falta de constructabilidad de los diseños[20]. Además, los detalles no definidos en los diseños son problemas que la contratista tiene que resolver in-situ y usualmente los problemas son detectados justo antes de iniciar la construcción de una tarea específica, y en algunos casos, después que la tarea ha sido completada.

2.4.2. CAUSAS DE LAS DEFICIENCIAS EN LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES

a. El método diseño/licitación/construcción

La entrega de proyectos de construcción está dividida en diferentes etapas. En la etapa de Pre-Inversión y Expediente Técnico, se identifican y se plasman las necesidades del cliente a través de planos y especificaciones técnicas, definiéndose además los aspectos constructivos y estándares de calidad. En proyectos de edificaciones, la entidad selecciona primero al Consultor encargado de realizar el proyecto de acuerdo a los siguientes Entregables: Primero se prepara el diseño arquitectónico y sus especificaciones; luego se desarrolla el diseño estructural y el diseño del resto de especialidades. Los documentos que resultan al final de la etapa de diseño son un conjunto de planos y especificaciones técnicas por especialidades que posteriormente serán entregados a la empresa contratista para empezar con

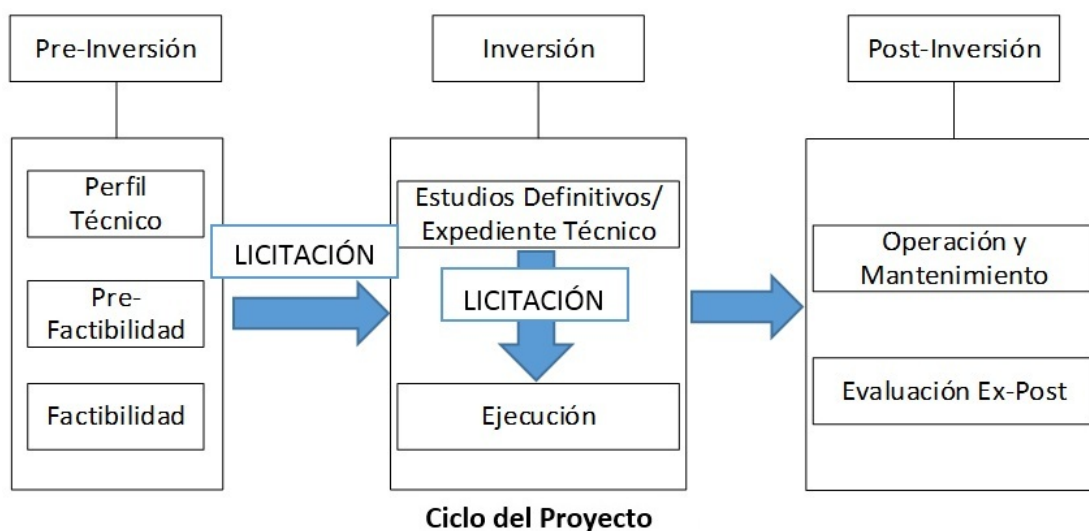


Figura 2.25: Ciclo del Proyecto Según el SNIP- *Fuente Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública*

la construcción del proyecto.

Los impactos y problemas generados por la adopción del modelo Diseño/Licitación/Construcción son muy discutidos. Los principales problemas detectados son: (a) la poca interacción entre ambas etapas, diseño y construcción, y (b) la poca interacción entre los demás especialistas encargados del proyecto por falta de liderazgo que busque la integración holística o total del proyecto en la etapa de diseño.

b. Licitación con documentos de diseño incompletos.

Muchas veces, para acelerar la entrega de sus proyectos, es la misma Entidad quienes aceleran el desarrollo de las etapas del proyecto. Esto implica que el proceso de licitación, que encargará a una empresa constructora la ejecución del proyecto, sea realizado cuando los documentos de diseño e ingeniería están parcialmente elaborados o incompletos. Con ello las contratistas postores de la licitación elaboran un presupuesto de construcción que muchas veces es muy inferior si se compara con el presupuesto real valorizado al final del proyecto, participando en la licitación con una cifra referencial y asumiendo los riesgos

de la construcción del proyecto. Por consiguiente, la contratista seleccionada (o mejor postor) recibe los documentos oficiales para la construcción que aún están incompletos y deficientes, pues con la celeridad con la que se desarrolló el diseño no se enfocaron esfuerzos por tratar de integrarlos y compatibilizarlos debidamente.

A raíz de ello, los problemas derivados por la celeridad de los procesos de las etapas del proyecto conllevan a que se presenten problemas durante la etapa de construcción, resultando ésta crítica, ya que cualquier modificación o cambio imprevisto en el diseño pueden representar grandes pérdidas de tiempo y dinero.

2.4.3. IMPACTO DE LAS DEFICIENCIAS DE DISEÑO EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.

El diseño es la etapa de un proyecto de construcción en la que las ideas, deseos y necesidades son conceptualizados en un modelo físico que precisa las especificaciones del proyecto [20]. También en esta etapa cuando los cambios y modificaciones en el proyecto implican un menor esfuerzo e impacto en su costo, por lo que resulta de vital importancia dedicarle un tiempo suficiente a su desarrollo. El éxito en la gestión del diseño es fundamental para la rentabilidad, la calidad y el tiempo de entrega de un proyecto.

La etapa de diseño interactúa con todas las otras etapas del ciclo de vida de un proyecto, pero es en la de construcción donde las deficiencias del diseño se comienzan a manifestar, dando esto lugar a diversas discrepancias entre estas dos etapas. De acuerdo a un estudio realizado Latino América, cerca del 20 y un 25% de la duración total de la construcción se pierden debido a las deficiencias en el diseño . Otro estudio sugiere que alrededor del 78% de los problemas con la calidad en la

2.4. DEFICIENCIA DE DISEÑO: DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

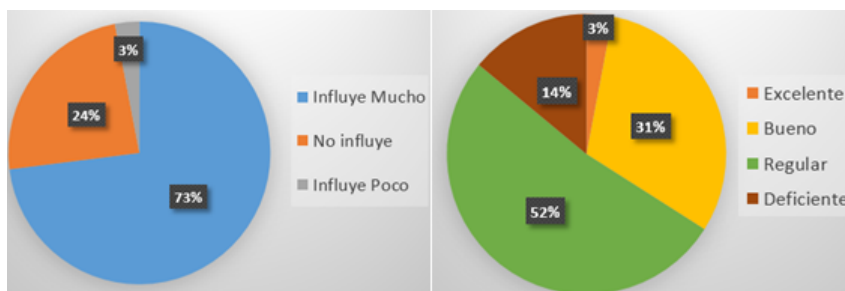


Figura 2.26: Influencia del diseño en la Productividad en la Construcción (izquierda), Grado de Eficiencia del diseño en los Proyectos- Fuente (Vasques, 2006 y Vladimir Alcantara,2013)

construcción están relacionados con el diseño[?]. En cuanto al costo, identificaron que los defectos causados por el diseño generan los principales sobre-costos del proyecto.

Apoyándonos en estudios más recientes y enfocadas a nuestra realidad nacional, se realizó entrevistas a ingenieros residentes y maestros de obra que laboraban en 65 proyectos de edificación de viviendas en la ciudad de Lima, y en la que se concluyó que el 73% de los entrevistados percibe que el diseño tiene una gran influencia en la productividad en obra y el 66% de los ingenieros residentes califican el grado de eficiencia de los proyectos como de regular a deficiente según se muestra en la figura 2.27.

Las deficiencias en los documentos de diseño /ingeniería pueden impactar negativamente durante la etapa de construcción, afectando principalmente a la empresa contratista en los siguientes aspectos:

- En la productividad de campo,
- En la calidad,
- En los costos,
- En los plazos,

2.4.3.1. En La Productividad De Campo

Cuando en campo se detecta un error en los planos, se genera incertidumbre durante la construcción de cierta actividad o proceso que se vea directamente afectado. Es cuando esta observación se convierte en consulta, el cual la contratista notifica a la gerencia por medio de una Solicitud de Información (RFI). Además esta observación necesita de un tiempo para ser atendida, ya que debe ser resuelta por la vía formal contratista-supervisión mientras la gerencia realiza la consulta a los especialistas involucrados del proyecto y se generen nuevos planos, modificados y aprobados, y sean finalmente entregadas a la contratista para continuar con la tarea.

Mientras se resuelva el defecto detectado en los planos de diseño/ingeniería, se generará en campo un tiempo de espera para los obreros, el cual puede convertirse en Tiempo Contributorio (TC) si no se les asigna de inmediato otra tarea que sume a su productividad, o puede convertirse en Tiempo No Contributorio (TNC). Como se vio, un problema minúsculo en los planos puede generar todo un flujo de actividades que se muestran resumidas en la Figura 2.27 que paralizan temporalmente el desarrollo de cierta actividad en obra, perjudicando principalmente a la contratista.

2.4.3.2. En la Calidad

Las deficiencias en los documentos de diseño tienen su impacto durante la etapa de construcción ya que estos se arrastran hasta generar Productos No Conforme. Los casos más notorios de PNC se dan en la colocación de instalaciones, ya que mediante inspecciones visuales de campo y siguiendo una serie de criterios ingenieriles, se pueden identificar casi inmediatamente ciertos problemas debido a su incorrecta colocación y montaje.

Según el Sistema de Gestión de Calidad (SGC), que forma parte de la política global

2.4. DEFICIENCIA DE DISEÑO: DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

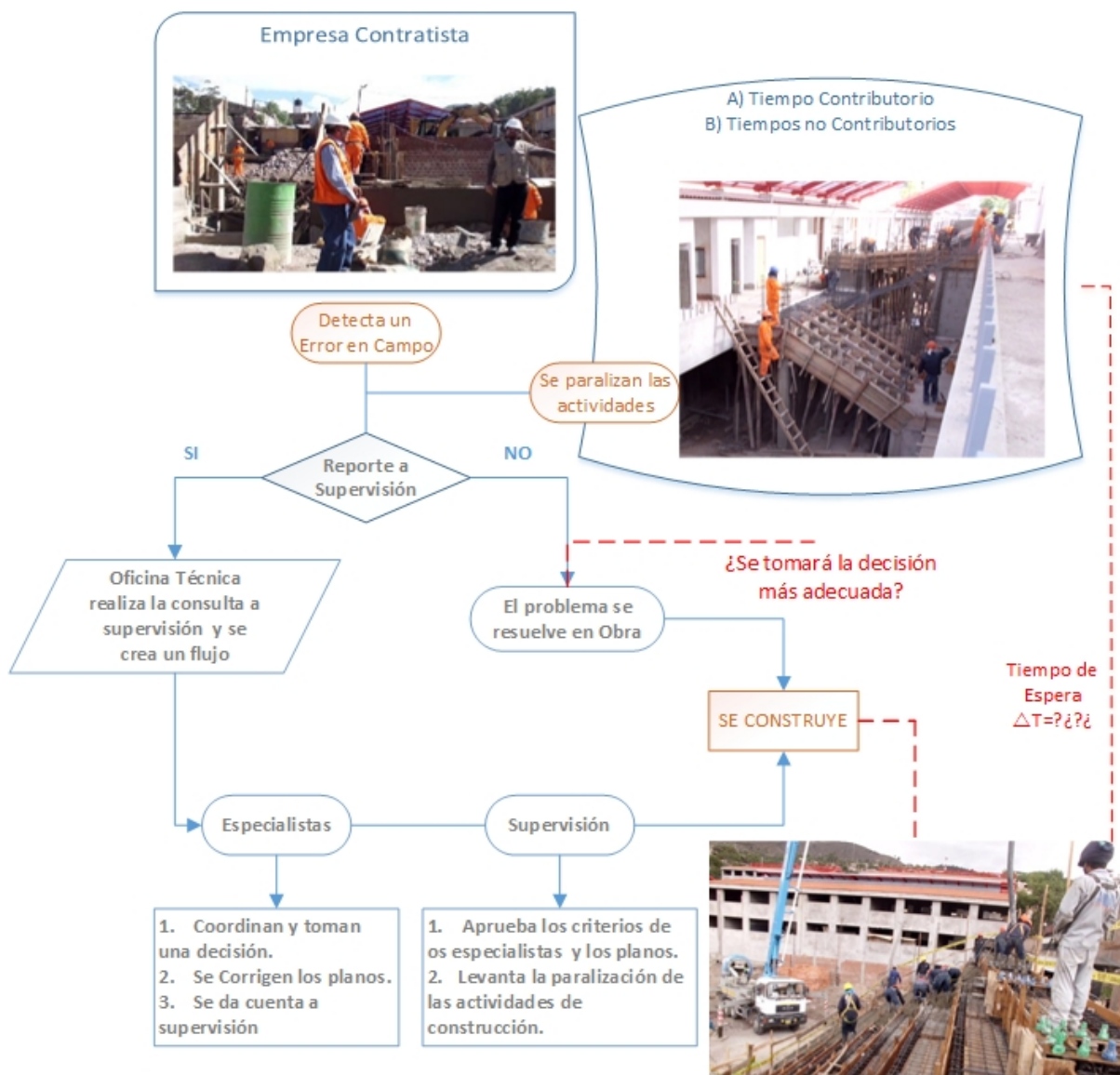


Figura 2.27: Flujo de actividades que se sigue en campo cuando se detecta un error en los documentos de diseño- Fuente PROPIA

2.4. DEFICIENCIA DE DISEÑO: DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

de una empresa de construcción o el plan de gestión de calidad específica para la obra, "un Producto No Conforme (PNC) no sirve para acusar, sino para mejorar". En otros casos, la presencia de PNC se debe a una inadecuada planificación y coordinación de campo con las cuadrillas de instalaciones para definir el orden de ingreso de los mismos.

2.4.3.3. En los Costos

Como se vio en los párrafos anteriores, las deficiencias en los documentos contractuales de diseño e ingeniería generan, en algunos casos, Productos No Conformes (PNC) y como es lógico estos problemas de calidad exigen una acción correctiva para levantar la observación mediante la realización de trabajos adicionales no previstos durante la fase de planificación, los cuales serán realizados a través de órdenes de cambio. Para llevar a cabo estas órdenes de cambio se requiere el uso de algunos recursos, básicamente de materiales y de mano de obra, que naturalmente tienen un costo que va sumándose a medida que la construcción avanza, incrementando el costo de algunas partidas del presupuesto y esto a su vez del presupuesto contractual del proyecto. Dependiendo del origen del problema, de las responsabilidades y de lo estipulado contractualmente, estos costos los asume la contratista general, los subcontratistas o en algunos son valorizados al cliente.

De acuerdo a una investigación sobre la predicción de los ratios de sobre-costos, identificó los factores que influenciaban esos ratios, siendo algunos de ellos: el tamaño del proyecto, el tipo de método de entrega del proyecto, el nivel de competencia de la constructora y "la calidad de los documentos contractuales".

Se realizó un estudio basado en cuestionarios y entrevistas a profesionales acerca de las razones de los sobre-costos de los proyectos en la industria de la construcción del Reino Unido, elaborando una tabla con un ranking de las 15 razones asociadas a los

sobre-costos en los proyectos de construcción. Es de particular interés que las cuatro primeras causas están relacionadas a fallas y deficiencias en el diseño y sus documentos debidos a sus cambios, al incompleto o inadecuado desarrollo del diseño, a la escasa información, y a la falta de calidad y definición del diseño porque en ocasiones el cliente no está seguro de lo que quiere.

Otro de los costos adicionales que se generan durante la etapa de construcción por deficiencias de diseño son los costos por la presencia de incompatibilidades, ya que se producen re-trabajos que requieren también el uso de recursos adicionales, cuyos costos van sumándose a las partidas del presupuesto. Estos costos, para fines de valorización, se conoce comúnmente como "ADICIONALES" y, a diferencia de los costos por órdenes de cambio, aquí muchas veces existe responsabilidad de los proyectistas encargados del diseño y la ingeniería.

2.4.3.4. En los Plazos

Del mismo modo como ocurre con el impacto en los costos debidos a deficiencias en los documentos de diseño, podemos hablar de su impacto en los plazos. Tanto las órdenes de cambio como los re-trabajos, requieren no solo un uso adicional de recursos, sino también de un tiempo para ser ejecutados. En proyectos de construcción, las actividades son programadas en cadena o por trenes, en la que los procesos o tareas son dependientes. Cuando una tarea específica no ha sido ejecutada en su plazo programado o requiere de días adicionales para darla por terminada, retrasará el inicio de actividades dependientes, o interferirá con el desarrollo de otras actividades que ocupen el mismo espacio en obra o requieran usar algunos de sus recursos. Entonces, los plazos van incrementándose paulatinamente, trayendo como consecuencia que el proyecto no sea entregado en el tiempo previsto.

Capítulo 3

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS Y PROCESO PARA EL CÁLCULO DE PARÁMETROS DE RENTABILIDAD.

En este Capítulo nos enfocaremos en dos aspectos principales para lograr los objetivos de la presente Tesis: primeramente realizar el estudio de la situación actual que se tiene en el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), para los proyectos de inversión pública (PIP), que vienen aplicando el sistema tradicional de entrega de proyectos, con la finalidad de conocer cuáles son sus procedimientos de evaluación en la etapa de pre-inversión e inversión según el ciclo de vida del proyecto; esto servirá como punto de partida para la propuesta de mejora.

El segundo aspecto a considerar en el presente capítulo se enfoca en plantear una propuesta de mejora en la evaluación de proyectos; inmescuyendo principalmente:

conceptos, procedimientos y metodología de gestión mediante sistemas integrados y uso de tecnologías BIM dentro del SNIP, en base al diagnóstico de la situación actual presentado en el acápite anterior. Esta propuesta se enmarca en los tres campos de acción del BIM, enunciados por Succar: las políticas que se deben de establecer en la organización que apuestan por la implementación BIM, los procesos que para nuestro caso se centrarán en la etapa de inversión (expediente técnico y ejecución), y las herramientas que son necesarias para dicha implementación.

Cabe recalcar que en el presente capítulo y el siguiente se enfocan básicamente en realizar la metodología para la evaluación de proyectos en la etapa de inversión (expediente técnico y ejecución), principalmente desde el punto de vista de la empresa encargada de realizar dichas etapas y como conjugan estas con el SNIP.

3.1. Diagnóstico De La Situación Actual Del Proceso De Evaluación Según El SNIP

En primer lugar se presenta al sistema encargado de controlar la inversión pública y su correcta ejecución, sus objetivos, características e importancia, en segundo lugar se explica los procesos generales con la finalidad de conocer cuáles son sus procedimientos de evaluación en la etapa de pre-inversión e inversión según el ciclo de vida del proyecto, cuales son los órganos de control, responsables, las reglamentaciones, normativas y directivas que rigen cada uno de los procesos (marco legal), Las documentaciones contractuales y los responsabilidades asumidas por cada una de las partes (entidad y empresa); esto servirá como punto de partida para la propuesta de mejora.

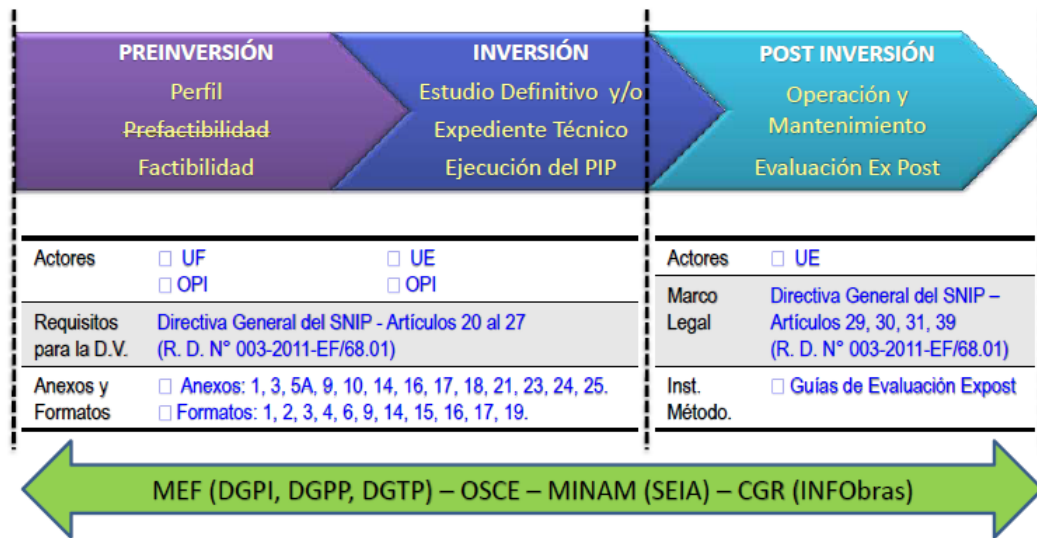


Figura 3.1: Responsables, Requisitos y Entregables de acuerdo al Ciclo de Proyecto según el SNIP- Fuente: Directiva General del SNIP 2011-actualizada- Octubre 2013

3.1.1. Sistema Nacional De Inversión Pública (SNIP)- Fundamentos

3.1.1.1. Marco conceptual

El SNIP es el conjunto de normas, instrucciones y procedimientos que tienen por objetivo, en el contexto de un Estado moderno, ordenar el proceso de la inversión pública, para poder concretar las opciones de inversión más rentables económica y/o socialmente, considerando los lineamientos de la política de Gobierno. Es un instrumento de gestión que permite transformar las iniciativas de inversión en proyectos concretos, considerando el ciclo de vida del proyecto.

a. Objetivos.-

a.1. Objetivo General.-

El principal objetivo del SNIP es concretar las opciones de inversión más rentables desde el punto de vista económico y social atendiendo los lineamientos de la política de Gobierno.

a.2. Objetivos Específicos.-

- Desarrollar y difundir los procedimientos metodológicos, normas e instructivos uniformes para la formulación, evaluación, análisis técnico económico, ejecución y seguimiento de las iniciativas de inversión.
- Apoyar la selección, priorización y asignación de los recursos de inversión mediante el establecimiento de procedimientos y criterios que eviten la discrecionalidad en el uso de los recursos públicos.

b. Características e Importancia del SNIP.-

- Integral, se aplica a todo tipo de PIP, fuente de financiamiento y entidad del estado y empresa ejecutora.
- Es un organismo descentralizado: Regional, Municipal (provincial y distrital)
- Control del gasto público, en el ciclo del proyecto
- Técnico, supone una reivindicación de la denominada "cultura de proyecto", a través de la obligatoriedad del ciclo de vida del proyecto.
- Desconcentrado, actúa a través de órganos sectoriales y Unidades en cada Entidad.
- Garantiza la ejecución de un proyecto y/o proyectos

¿Cuándo se inicia el SNIP?

La implementación del denominado (SNIP), se inició en el Perú, a partir del año 2000, como un sistema administrativo público, encargado de acreditar la calidad de las propuestas de inversión que deben ejecutar los distintos organismos y entidades del sector público Peruano.¹.

¹* * LEY N° 27293, LEY QUE CREA EL SNIP

3.1.1.2. Normatividad Básica según el SNIP

- Normativa del (SNIP): Ley, Reglamento y Directiva General.
- Normativa del Sistema Nacional de Presupuesto Público: Ley General, Ley y Directivas Anuales
- Ley de Contrataciones del Estado (LCE), aprobada por el Dec. Leg. 1017
 - Ley N° 29873, Ley que modifica el Decreto Legislativo N°1017 ².
- Reglamento de la LCE, aprobado por el D.S. N° 184-2008-EF
 - D.S. N° 138-2012-EF, modificación del Reglamento de la LCE ³
- D.S. N° 011-79-VC del 01 de marzo de 1979 y sus modificaciones :
 - D.S. N° 017-79-VC (Deducción del Adelanto de Materiales)
 - D.S. N° 022-80-VC (Amortización del Adelanto de Materiales)
 - D.S. N°006-86-VC (Deducción del Adelanto Directo)
- Resolución de Contraloría N° 195-88-CG (Ejecución por Administración Directa)
- Resolución de Contraloría N° 196-2010-CG (Adicionales de Obra)
- Reglamento Nacional de Edificaciones(RNE)

3.1.1.3. Proyecto de Inversión Pública - PIP

Definición:

Constituye una intervención limitada en el tiempo que utiliza total o parcialmente recursos públicos, con el fin de crear, ampliar, mejorar, o recuperar la capacidad productora o de provisión de bienes o servicios de una entidad; cuyos beneficios se generan durante la vida útil del proyecto y esos sean independientes de los de otros proyectos.

²(publicado el 1°.Junio.2012)

³(publicado el 07.Agosto.2012)

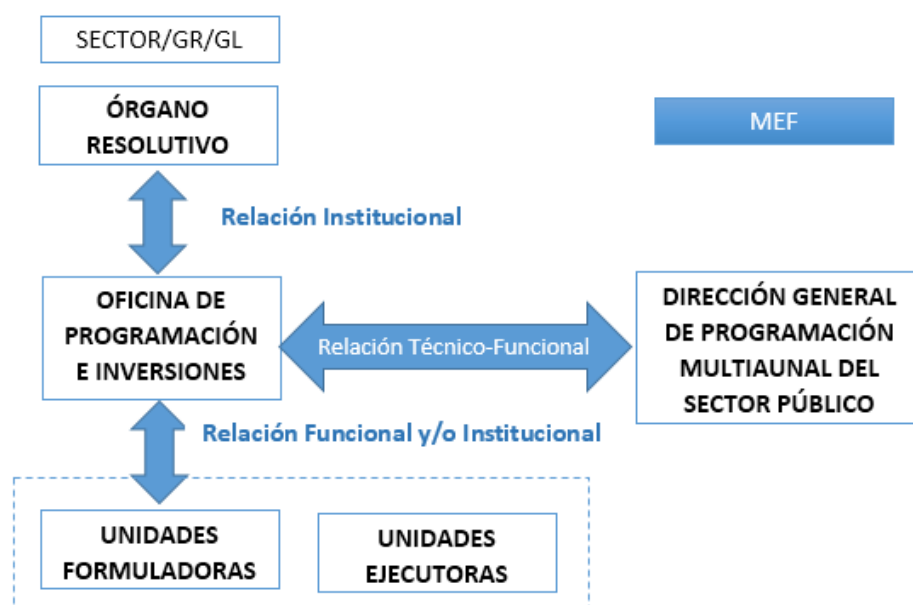


Figura 3.2: Organización del SNIP- Fuente:Directiva- General-del-SNIP 2011-actualizada- Octubre 2013

- El PIP debe constituir la solución a un problema vinculado a la finalidad de su Entidad y a sus competencias.
- Su ejecución puede hacerse en más de un ejercicio presupuestal, conforme al cronograma de ejecución de los estudios de pre inversión.
- No son PIP las inversiones que constituyen gastos de operación y mantenimiento.

3.1.1.4. Organización del SNIP

Conforman el (SNIP) el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) a través de la DGPM, así como los órganos resolutivos, las oficinas de programación e inversiones de todos los Sectores del Gobierno Nacional (OPI-GN), de los Gobiernos Regionales (OPI-GR) y Gobiernos Locales (OPI-GL), o el que haga sus veces en aplicación del numeral 11.4 del artículo 11° de la Ley, así como las Unidades Formuladoras (UF) y las Unidades Ejecutoras (UE) de cada entidad.

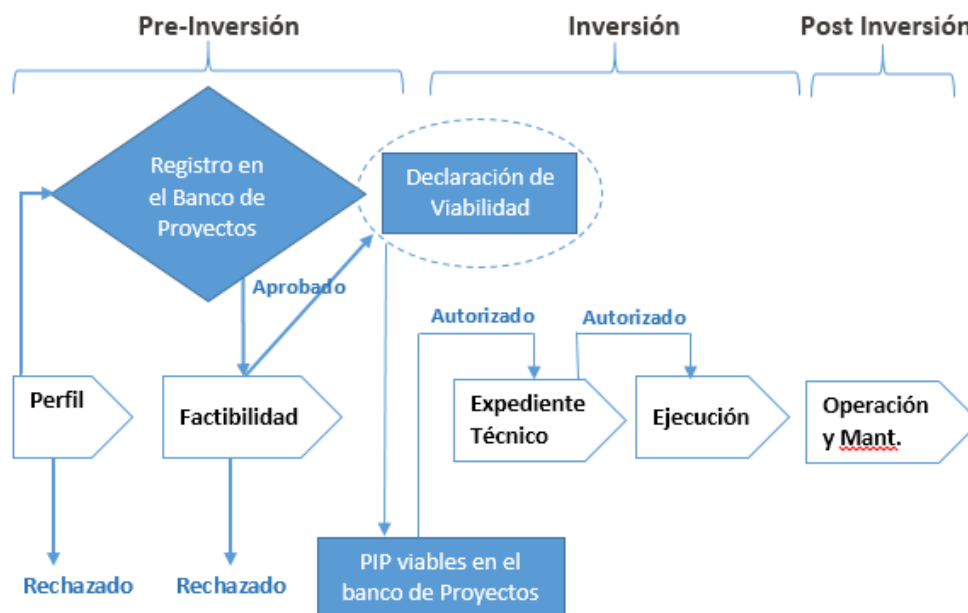


Figura 3.3: Flujograma del Ciclo de vida del Proyecto de Inversión Pública-
Fuente:Directiva- General-del-SNIP 2011-actualizada-October 2013

3.2. Proceso Para La Formulación, Evaluación Y Aprobación De Proyectos.

3.2.1. Etapas Del Ciclo Del Proyecto Según El SNIP

3.2.1.1. Fase de pre inversión

La Fase de Pre-inversión tiene como objeto evaluar la conveniencia de realizar un PIP en particular. En esta fase se realiza la evaluación ex ante del proyecto, destinada a determinar la pertinencia, rentabilidad social y sostenibilidad del PIP, criterios que sustentan la declaración de viabilidad.

Esta fase comprende la elaboración del Perfil, que además incluye el análisis a nivel de un estudio de Pre-factibilidad, y la elaboración del estudio de Factibilidad. En cada uno de los estudios de pre-inversión se busca mejorar la calidad de la información proveniente del estudio anterior a fin de reducir el riesgo en la decisión de inversión. La fase de pre-inversión culmina con la declaratoria de viabilidad del PIP.

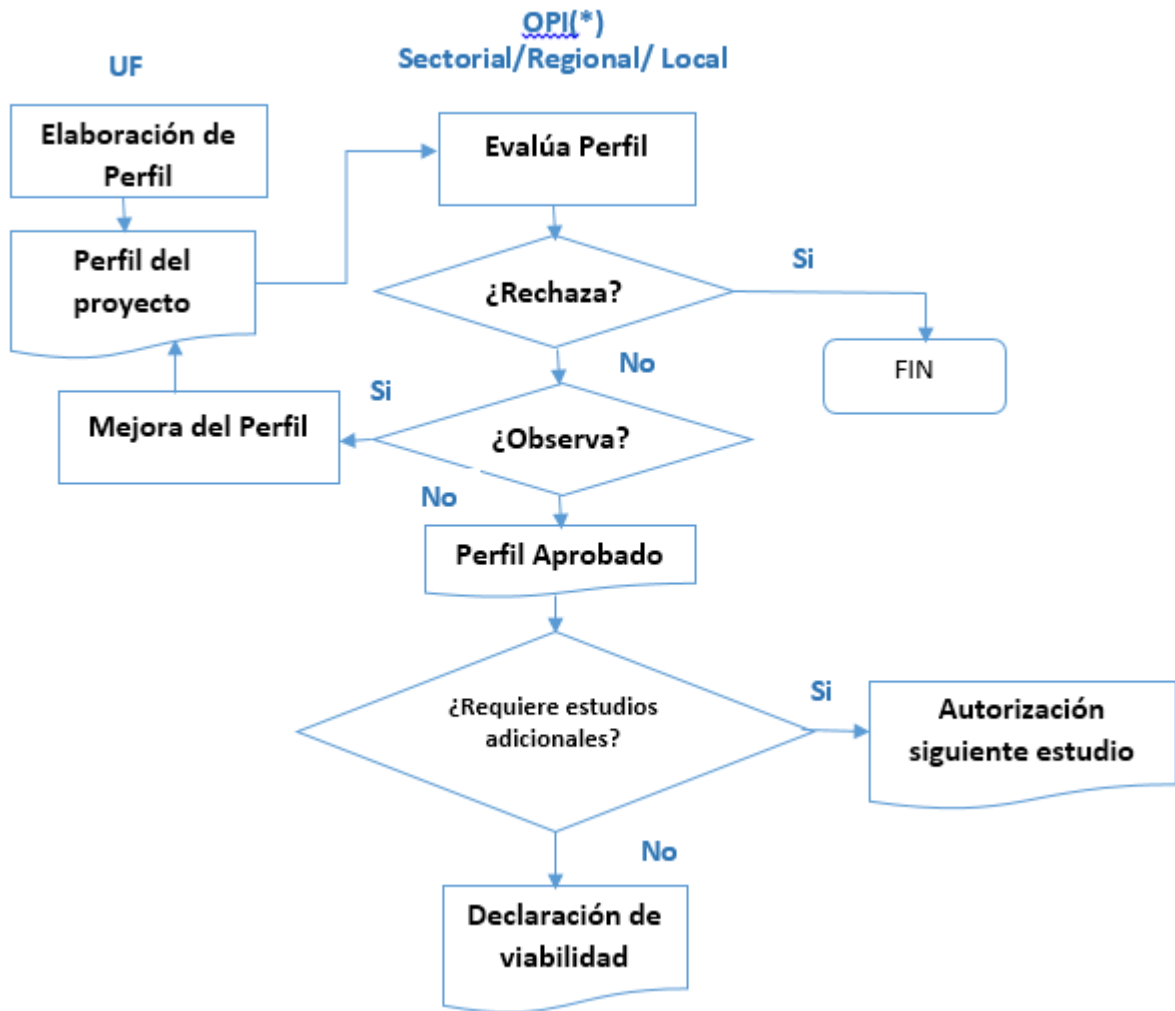


Figura 3.4: Flujograma de presentación y evaluación del PERFIL según el SNIP- Fuente: Directiva- General-del-SNIP 2011-actualizada- Octubre 2013

A. PERFIL .-

La UF elabora el Perfil, lo registra en el Banco de proyectos, el mismo que asigna automáticamente a la OPI responsable de su evaluación. La UF remite el perfil en versión impresa y electrónica, a dicha OPI acompañado de la ficha de registro de PIP (formato SNIP-03), sin lo cual no se podrá iniciar la evaluación.

La OPI recibe el perfil, verifica su registro en el banco de proyectos y registra la fecha de su recepción. Evalúa el PIP, utilizando el protocolo de evaluación, emite un informe

técnico y registra dicha evaluación en el banco de proyectos. Con dicho informe la OPI puede:

- Aprobar el perfil y autorizar la elaboración del estudio de factibilidad;
- Declarar la viabilidad del PIP, siempre que se enmarque en lo dispuesto por el artículo 22, en cuyo caso acompaña al informe técnico, el formato SNIP-09;
- Observar el estudio, en cuyo caso, deberá pronunciarse de manera explícita sobre todos los aspectos que deban ser reformulados; o
- Rechazar el PIP.

En caso corresponda declarar la viabilidad del proyecto con el estudio de perfil, dicho estudio deberá formularse teniendo en cuenta los contenidos mínimos generales para la elaboración de estudios de pre-inversión a nivel de perfil de un proyecto de inversión pública señalados en el Anexo SNIP-05. Asimismo, el Responsable de la OPI deberá visar el resumen ejecutivo del estudio conforme a lo señalado en el literal b) del numeral 8.3 del artículo 8, y remitir copia de dicho estudio, del informe técnico y del formato SNIP-09 a la UE del PIP. Asimismo, remite copia del informe técnico y del formato SNIP-09 a la UF del PIP ⁴.

- PIP DE 1'200,000 hasta 10'000,000 soles
- Plazo de evaluación 30 días

En la siguiente figura 3.4. se esquematiza el proceso de presentación y evaluación del Perfil:

B. FACTIBILIDAD.-

Una vez que la OPI aprueba el estudio de pre-inversión de nivel anterior, la UF procede a elaborar el estudio de Factibilidad.

⁴Párrafo modificado por el artículo 2° de la Resolución Directoral N° 008-2013-EF/63.01, publicada en el Diario Oficial "El Peruano" el 31 de octubre de 2013.

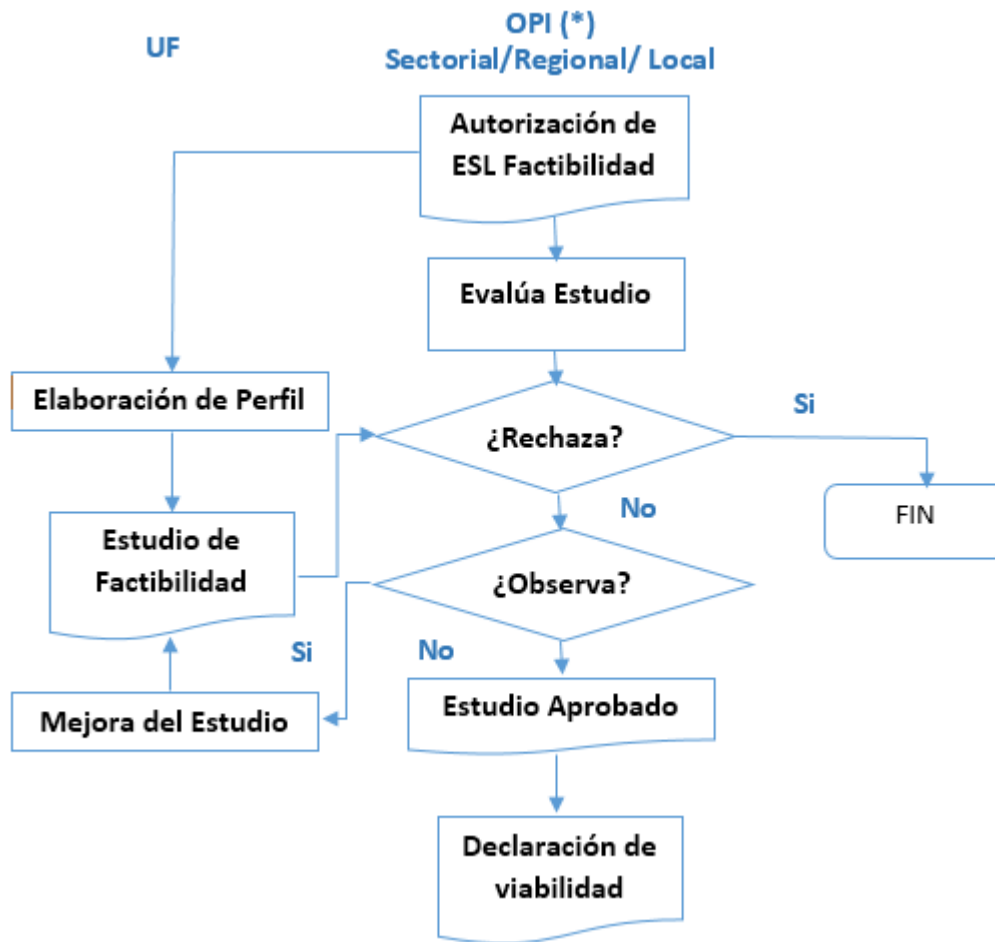


Figura 3.5: Flujograma de presentación y evaluación de FACTIBILIDAD según el SNIP-
Fuente: Directiva- General-del-SNIP 2011-actualizada-October 2013

La UF elabora el estudio de Factibilidad, actualiza la información registrada en el banco de proyectos y remite el estudio de Factibilidad, en versión impresa y electrónica, a la OPI acompañado de la ficha de registro de PIP (Formato SNIP-03) actualizada.

La OPI recibe el estudio, verifica la actualización de la Ficha de registro de PIP en el banco de proyectos y registra la fecha de su recepción. Evalúa el PIP, utilizando el protocolo de evaluación, emite un informe técnico y registra en el banco de proyectos dicha evaluación. Con dicho informe, la OPI puede:

- Declarar la viabilidad del proyecto, en cuyo caso acompaña al informe técnico el formato SNIP-09.
- Observar el estudio, en cuyo caso, deberá pronunciarse de manera explícita sobre todos los aspectos que deban ser reformulados; o
- Rechazar el PIP.

En caso se declare la viabilidad, el responsable de la OPI deberá visar el estudio de Factibilidad conforme a lo señalado en el literal b) del numeral 8.3 del artículo 8 y remitir copia de éste, del informe técnico y del formato SNIP-09 a la UE del PIP. Asimismo, remite copia del informe técnico y del formato SNIP-09 a la UF del PIP.

- PIP >10,000,000 Nuevos Soles
- Plazo de evaluación: 40 DÍAS.

En la siguiente figura 3.5 se esquematiza el proceso de presentación y evaluación del estudio de Factibilidad:

C. DECLARACIÓN DE VIABILIDAD .-

La viabilidad de un proyecto es requisito previo a la fase de inversión. Se aplica a un proyecto de inversión pública que a través de sus estudios de pre-inversión ha evidenciado ser socialmente rentable, sostenible y compatible con los lineamientos de política y con los planes de desarrollo respectivos.

La declaración de viabilidad sólo podrá otorgarse si cumple con los siguientes requisitos:

- Ha sido otorgada a un PIP, de acuerdo a las definiciones establecidas.
- No se trata de un PIP fraccionado.
- La UF tiene las competencias legales para formular el proyecto.
- La OPI tiene la competencia legal para declarar la viabilidad del proyecto.
- Las entidades han cumplido con los procedimientos que se señalan en la normatividad del SNIP.
- Los estudios de pre-inversión del proyecto han sido elaborados considerando los parámetros y normas técnicas para formulación y los parámetros de evaluación (Anexos SNIP-09 y SNIP-10).
- Los estudios de pre-inversión del Proyecto han sido formulados considerando metodologías adecuadas de evaluación de proyectos, las cuales se reflejan en las Guías Metodológicas que publica la DGPM.

D. PLAZOS DE EVALUACIÓN .-

Para los PIP Menores, la OPI tiene un plazo no mayor de diez (10) días hábiles, a partir de la fecha de recepción del Perfil simplificado, para emitir el formato SNIP-06.

Para la evaluación de un PIP o programa de inversión, la OPI y la DGPM tienen, cada una, un plazo no mayor de:

- Treinta (30) días hábiles para la emisión del informe técnico, a partir de la fecha de recepción del perfil; y
- Cuarenta (40) días hábiles para la emisión del informe técnico, a partir de la fecha de recepción del estudio a nivel de Factibilidad.

ESTUDIO		MONTO DE INVERSIÓN
PERFIL	≤	S/. 1,200,000 hasta 10,000,000
FACTIBILIDAD	<	Mayor a S/. 10,000,000
PIP MENOR	≤	Menor a S/. 1,200,000

Figura 3.6: Niveles Mínimos de Estudio según el SNIP- Fuente:Directiva- General-del-SNIP 2011-actualizada-Octubre 2013

E. NIVELES MÍNIMOS DE ESTUDIOS .-

Para la declaración de viabilidad de un PIP por la OPI, éste deberá contar, como mínimo, con el nivel de estudios siguiente:

- **PERFIL SIMPLIFICADO:** Para los PIP cuyos montos de inversión, a precios de mercado, sean iguales o menores a S/.1'200,000.00 (Un Millón Doscientos y 00/100 Nuevos Soles).
- **PERFIL:** Para los PIP cuyos montos de inversión, a precios de mercado, sean iguales o menores a S/.10'000,000.00 (Diez Millones y 00/100 Nuevos Soles).
- **FACTIBILIDAD:** Para los PIP cuyos montos de inversión, a precios de mercado, sean mayores a S/. 10'000,000.00 (Diez Millones y 00/100 Nuevos Soles).

3.2.1.2. Fase de inversión

La fase de inversión comprende la elaboración del estudio definitivo, Expediente Técnico u otro documento equivalente, y la ejecución del PIP.

La fase de inversión culmina luego de que el PIP ha sido totalmente ejecutado, liquidado y de corresponder, transferido a la entidad responsable de su operación y mantenimiento. Habiendo cumplido con lo anteriormente indicado, la UE debe elaborar el informe de cierre del PIP y remitir dicho informe al órgano que declaró la viabilidad.

A. ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DEFINITIVO O EXPEDIENTE TÉCNICO DETALLADO.-

La elaboración de los estudios definitivos o expedientes técnicos detallados debe ceñirse a los parámetros bajo los cuales fue otorgada la declaración de viabilidad y observar el cronograma de ejecución del estudio de pre-inversión con el que se declaró la viabilidad.

Para efectos de lo dispuesto en el artículo 25, luego de culminado el estudio definitivo o expediente técnico detallado, la UE remite al órgano que declaró la viabilidad, el Formato SNIP-15 debidamente llenado y suscrito, en el que informa que existe consistencia entre el estudio definitivo o expediente técnico detallado y el estudio de pre-inversión por el que se otorgó la viabilidad, en los aspectos siguientes:

- objetivo del PIP; monto de inversión; localización geográfica y/o ámbito de influencia; alternativa de solución; metas asociadas a la capacidad de producción del servicio, tecnología de producción y plazo de ejecución; además de consignar las fórmulas de reajuste de precios cuando correspondan, y la modalidad de ejecución del PIP. En el caso de los PIP con endeudamiento el Formato SNIP-15 se remite a la DGPM con la opinión previa favorable de la OPI sectorial respectiva.

En los expedientes técnicos detallados de los PIP que no sean ejecutados mediante contratación pública, deberán establecerse las fórmulas de reajuste de precios, por lo que las variaciones que se efectúen a los precios originales del expediente técnico serán ajustadas multiplicándolas por el respectivo coeficiente de reajuste K que se obtenga de aplicar en la fórmula o fórmulas polinómicas, los índices unificados de precios de la construcción que publica el Instituto Nacional de Estadística (INEI). Tanto la elaboración como la aplicación de las fórmulas polinómicas se sujetan a las disposiciones de la normatividad de la materia. En los PIP que se ejecuten mediante contratación pública, se aplican las disposiciones de la normatividad de contrataciones del estado.

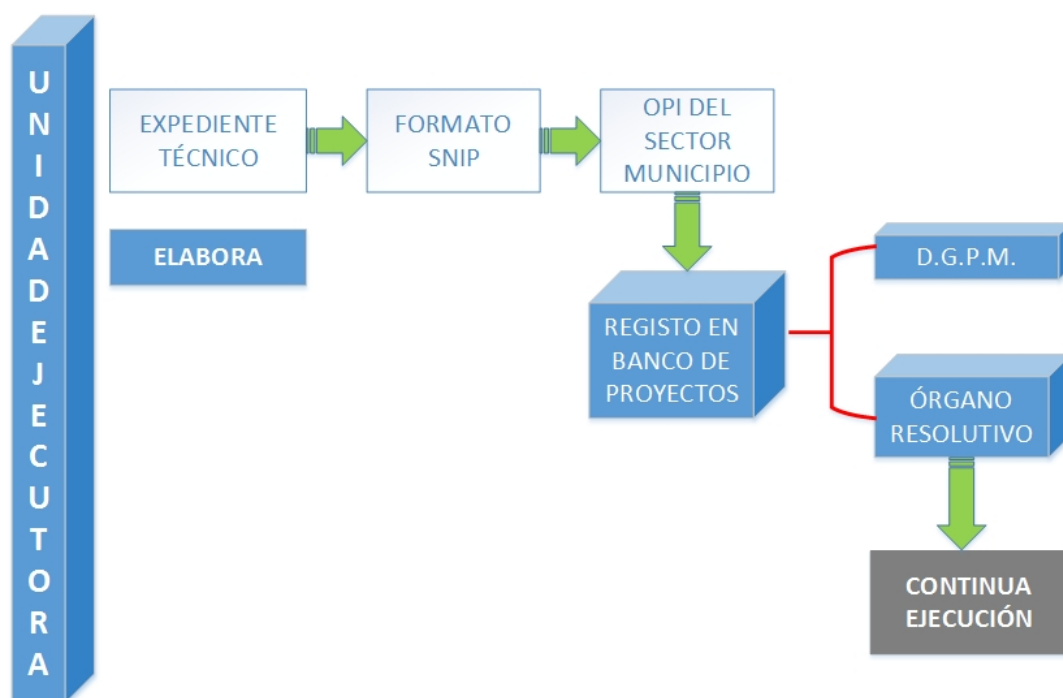


Figura 3.7: Registro del Expediente Técnico- Fuente:Directiva- General-del-SNIP 2011- actualizada- Octubre 2013

En la siguiente figura se muestra el registro del expediente técnico en el formato de la OPI del sector Técnico SNIP elaborado por D.G.P.M y registrado en el banco de proyectos según el órgano resolutorio y continúa la ejecución.

B. EJECUCIÓN DEL PROYECTO .-

El cronograma de ejecución del proyecto debe basarse en el cronograma de ejecución previsto en los estudios de pre-inversión del mismo, a fin que el proyecto genere los beneficios estimados de manera oportuna. Para ello, deberán programarse los recursos presupuestales necesarios para que el proyecto se ejecute en los plazos previstos.

Durante la ejecución del proyecto, la UE deberá supervisar permanentemente el avance del mismo, verificando que se mantengan las condiciones y parámetros establecidos en el estudio definitivo y que se mantenga el cronograma previsto en el estudio definitivo

o expediente técnico detallado. Es responsabilidad de la UE informar oportunamente sobre los cambios que se den en la fase de inversión de un PIP a los órganos que correspondan, según lo dispuesto por la presente norma.

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

Como segundo aspecto principal planteado en el presente capítulo para lograr los objetivos de la presente Tesis se enfoca en plantear una propuesta de implementación para la **Evaluación de Rentabilidad Mediante Sistemas Integrados y usos de Políticas, Procesos y Tecnología BIM en Proyectos de inversión Pública (PIP)**; en base al diagnóstico de la situación actual presentado en este mismo capítulo. Se plantea principalmente el cambio en la filosofía de gestión del sistema tradicional de entrega de proyectos; a la filosofía de gestión mediante sistemas integrados BIM.

Esta propuesta se enmarca en los tres campos de acción del BIM, enunciados por Suc-car, primero las políticas que se deben de establecer en la organización que apuestan por la implementación BIM (En este caso se tomara como entes u organizaciones: a las entidades públicas ya sean gobiernos locales o regionales que forman parte del SNIP como la Unidad Formuladora, la Unidad Ejecutora, Oficina de Programación e Inversión (OPI) de los PIP y a las empresas privadas que contratan con el estado mediante licitaciones públicas y terminan siendo parte importante del SNIP , segundo los procesos que enmarcaran las actividades a seguir formarán parte de los lineamientos que acompañarán en la elaboración en todo el ciclo de vida del proyecto; y que para nuestro caso se centrarán en la etapa de inversión (expediente y ejecución), como tercer campo de acción se plantea el uso de herramientas que son necesarias para dicha implementación.

3.3.1. Marco Para La Implementación BIM En Proyectos De Inversión Pública

El sistema de gestión integrado basado en la filosofía BIM, es un conjunto de inter-actantes: políticas, procesos y tecnologías que generan una "metodología para gestionar el diseño del edificio y de los proyectos, la generación de datos esenciales en formato digital de todo el edificio" para el cálculo de los parámetros de rentabilidad planteado dentro de los objetivos de la presente Tesis durante el ciclo de vida del proyecto y la confluencia en modelos 4D y 5D aplicados esencialmente en la etapa de ejecución donde confluyen los mayores costos del proyecto y que repercuten principalmente en los plazos de ejecución y en adicionales no contemplado en etapas previas del ciclo de vida del proyecto.

Este principio se aplicara para la reestructuración en el sistema de gestión actual así como de: las Unidad Formuladoras, Unidad Ejecutoras, Oficina de Programación e Inversión (OPI) de los Gobiernos Regionales, Locales, de las empresas privadas que contratan con el estado mediante licitaciones públicas que se regirán a estos requerimientos y de todos los involucrados en el SNIP, para lo cual enmarcaremos en cada uno de los campos planteados en la presente definición los cambios a realizar y la adecuación de estas a estos principios.

El marco para la implementación BIM se debe dar en los 3 campos señalados por Succar: políticas, procesos y tecnología, por lo que es de suma importancia tenerlos presente, ya que estas serán el pilar en la implementación de este nuevo sistema integrados BIM, la cual serán la base fundamental para el cálculo de los parámetros de rentabilidad de un proyecto y la generación de modelos 4D (planeamiento) y modelos 5D(costos)

3.3.1.1. Campo de las políticas

Las entidades del estado (Gobiernos Regionales y Locales) deben dar un giro de 360° en su organización para la implementar BIM dentro de sus proyectos, ya sea desde sus funciones de evaluador (proyectos sometidos a licitación pública), como la de ejecutor (proyectos por administración directa). Donde principalmente se tiene que tener el soporte legal y Administrativo donde se tienen que implementar: Leyes, normativas y directivas que enmarquen el procedimiento a seguir y exista los lineamientos para la generación de los documentos contractuales requeridos para la implementación BIM. Principalmente se plantea la modificación de la Directiva General del SNIP Aprobado por Resolución Directoral N°003 – 2011 – EF/68.01 en el CAPITULO II (estructura del SNIP y funciones de sus órganos) en los siguientes artículos:

- **Artículo 9 (Funciones y Responsabilidades de la Unidad Formuladora)** en el ítem 9.1 inciso b. Para la elaboración de los Términos de Referencia (TR), cuando se contrate los estudios de pre-inversión y el plan de trabajo cuando la elaboración de los estudios de pre-inversión lo realizan por administración directa deberán contener expresamente e implícitamente a ella. El requerimiento de Documentos Contractuales inherentes al PIP para las obras de **EDIFICACIÓN** sean contemplados bajo la filosofía BIM, donde sus entregables sean modelos basado en el objeto. Otro de los ítems a modificar dentro de las funciones de la UF, para establecer los perfiles del equipo profesional que se necesita para estructurar el proyecto, el requerimiento de un BIM Project Manager (gerente de proyecto BIM), modeladores BIM (para las distintas especialidades), todas estas modificaciones deberán de implementarse en el anexo SNIP 23.
- **Artículo 10 (Funciones y Responsabilidades de la Unidad Ejecutora)** en el ítem 10.2 inciso *b*, elaborar el estudio definitivo (expediente técnico) deberá de contemplar expresamente e implícitamente las metas y el alcance del proyecto, donde será requisito fundamental para la elaboración del estudio esta tendrá

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

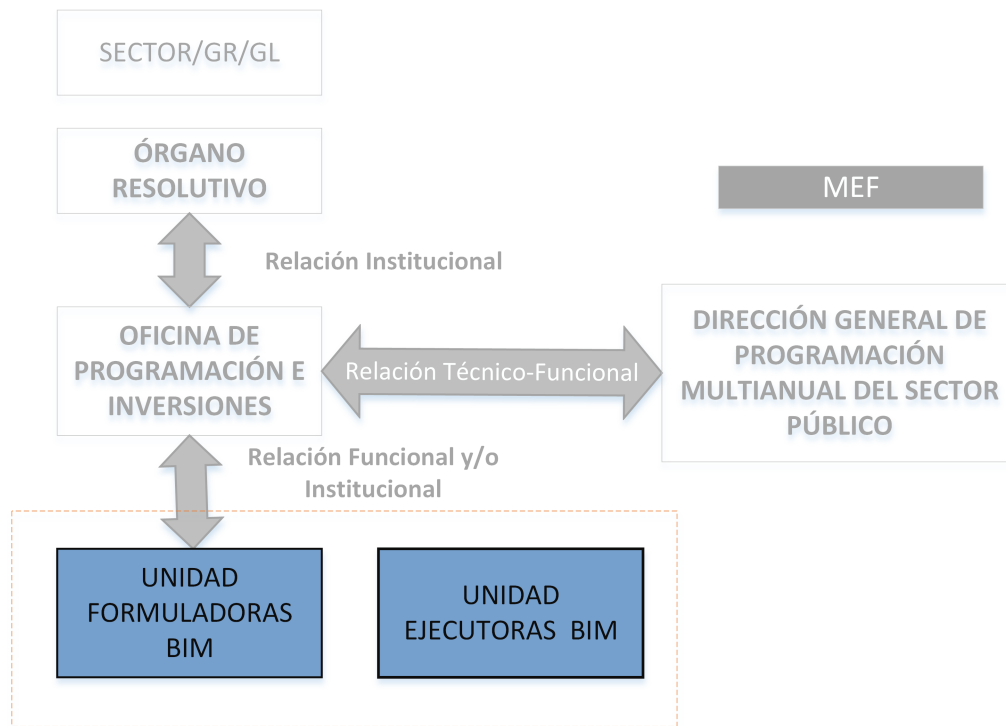


Figura 3.8: Estructura del SNIP y funciones de sus Órganos mediante Sistemas Integrados BIM - Fuente:Propia

que ser desarrollado mediante un modelo tridimensional inteligente en plataforma BIM, donde se podrá realizar la detección automatizada de interferencias la cual dicho informe formara parte de los entregables, obtención de metrados directamente de la plataforma Revit y la programación de la ejecución integrados a la plataforma de Naviswork mediante modelos 4D. Así mismo, los planos en 2D podrán ser generados directamente del modelo BIM, los cuales incluyen una combinación de información en 3D y 2D. El proyecto se elaborará en concordancia y cumplimiento de todos los componente viabilizadas en el estudio de pre-Inversión, descrita anteriormente.

En las organizaciones u entidades del estado se tiene que pensar en la creación de un área conformada por profesionales comprometidos, y convencidos que se puede mejorar la gestión de los proyectos de inversión pública, para lo cual se requiere capacitar a los equipos de profesionales responsables de la formulación, evaluación y Ejecución de los

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

PIP y en el caso de que se licite la elaboración de estos estudios verificar y constatar que el equipo de profesionales cuente con el conocimiento y manejo de herramientas tecnológicas y procedimientos inherentes al BIM. Así también se tiene que tener la labor de sensibilizar a los profesionales involucrados la importancia de BIM como medio para mejorar y eliminar paulatinamente las ampliaciones de plazo, adicionales de obra en la etapa de ejecución del proyecto. Ya que estas son las que más inciden en el ciclo de vida del proyecto.

El establecimiento de políticas y la implementación de la base legal (Leyes, normativas y directivas), administrativa y la asignación de los recursos para la implementación, teniendo presente que BIM es una manera distinta y beneficiosa de gestionar los proyectos es el primer paso y por ello se requiere maduración y convencimiento de la alta dirección del Estado y su ente regulador OSCE y de Las empresas privadas, para apostar por este cambio que será muy beneficioso para todos los involucrados ya que el cumplimiento en los plazos de ejecución y los presupuestos de Obra sean los que fueron contemplados en la etapa de estudio (expediente técnico) . Y por ende la rentabilidad de los contratistas serán las contempladas inicialmente, ya que se eliminarán paulatinamente las incertidumbres que normalmente se generan.

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

Es por ello importante que en los contratos para la elaboración del expediente técnico deben de establecer cláusulas específicas de compromiso y participación de los

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

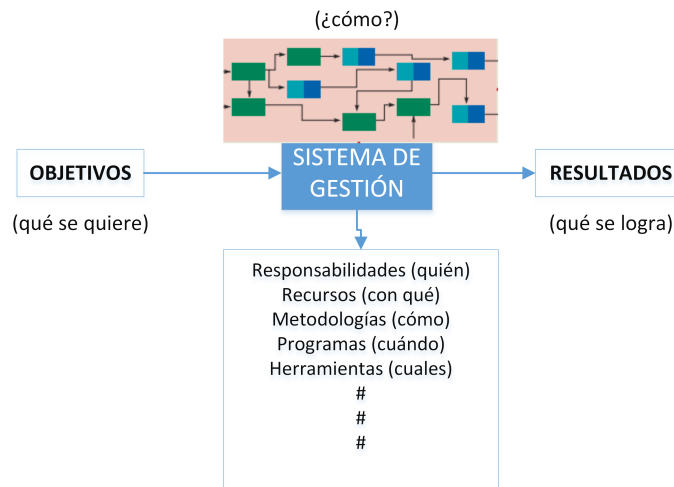


Figura 3.9: El sistema de Gestión como herramienta para alcanzar los objetivos - *Fuente: Guía para una gestión basada en procesos-pag 10*

proyectistas en las sesiones de ingeniería concurrente ICE (por sus siglas de Integrate Concurrent Engineering), en la que existe una participación activa a través de la visualización del modelo con los todos los involucrados, en las que aporten sus experiencia para el levantamiento de observaciones y revisión de incompatibilidades del proyecto.

3.3.1.2. Campo de los procesos

Para la implementación del procedimiento para la evaluación de rentabilidad de proyectos mediante sistemas integrados se tiene que implementar procedimientos, para alcanzar estos "buenos resultados", las organizaciones del Estado y privadas necesitan gestionar sus actividades y recursos con la finalidad de orientarlos hacia la consecución de los mismos, lo que a su vez se deriva en la necesidad de adoptar herramientas y metodologías que permitan a estas organizaciones configurar su sistema de Gestión. Como se detallan en la figura 3.9.

La adopción para la implementación de procesos para: Los órganos involucrados en el SNIP, se realizará partiendo del uso de la herramientas denominada "mapa de procesos" la cual se define como: "conjunto de actividades mutuamente relacionados o que inter-



Figura 3.10: Mapa de Procesos - Fuente: Guía para una gestión basada en procesos-pag 14

actúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”. Con esta definición, se puede deducir que el enfoque basado en procesos enfatiza como los resultados que se desean obtener se pueden alcanzar de manera más eficiente si se consideran las actividades agrupadas entre sí, considerando, a su vez, que dichas actividades deben permitir una transformación de unas entradas en salidas y que en dicha transformación se debe aportar valor, al tiempo que se ejerce un control sobre el conjunto de actividades.⁵.

IDENTIFICACIÓN Y SECUENCIA DE LOS PROCESOS

El primer paso para adoptar un enfoque basado en procesos en una organización, en el ámbito de un sistema de gestión, es identificar que procesos deben aparecer en la estructura de procesos del sistema. Una vez efectuada la identificación y la selección de los procesos, surge la necesidad de reflejar esta estructura de forma que facilite la determinación e interpretación de las interrelaciones existentes entre los mismos. La cual se realizara a través de un mapa de procesos.

El modelo adoptado para la implementación en el sistema de gestión para la evaluación de Rentabilidad de Proyectos de Inversión Pública aplicada para las entidades u organización del Estado y privadas es como a continuación se detalla en la figura 3.11. La cual está conformado por los siguientes componentes.

- **ENTRADAS:** Como elementos de entrada se tiene las Necesidades Socioeconó-

⁵Guía para una gestión basada en procesos- El principio de "enfoque basado en procesos" en al familia ISO 9000 del 2000-Instituto Andaluz de Tecnología pág 13-14

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).



Figura 3.11: Modelo para la agrupación de procesos en el mapa de procesos - Fuente: propia

micas para satisfacer ciertos requerimientos de la población en la que confluye la necesidad de elaboración de un PIP sostenible.

- **PROCESOS ESTRATÉGICOS:** Aquellos que se están vinculados directamente a la estructuración del SNIP y funciones de sus Órganos competentes para la gestión mediante sistemas integrados BIM y las responsabilidades de la dirección. Estos procesos de planificación son principalmente a largo plazo del proceso que regirá durante el ciclo de vida del proyecto.
- **PROCESOS OPERATIVOS:** Aquellos ligados a la realización del Proyecto en cada una de sus etapas durante el ciclo de vida de esta, mediante Administración directa o licitación pública. Donde se detallaran las competencias de las partes, los términos de Referencia, las bases, las metas a cumplir en el proceso de la realización del proyecto y/o de la prestación de servicio.
- **PROCESOS DE SOPORTE:** Vienen a ser los procesos que dan soporte a los procesos operativos. Ya sean la base Legal, administrativa, donde se detallaran las Leyes, normativas y directivas que enmarcan el proceso.
- **SALIDAS:** Como elemento de salida se obtiene la realización y la finalización del

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

proyecto en los plazos de ejecución y costos establecidos, generándose en márgenes de rentabilidad para la entidad prestadora de sus servicios dentro de los parámetros establecidos. Además del soporte de las áreas como: contabilidad, recursos Humanos, informático, logístico, y legal de una institución pública.

A continuación en la figura 3.12 se presentan los procesos para la gestión de proyectos de inversión pública agrupados en: estratégicos, operativos y de soporte.

Como último procedimiento es necesario mapear los procesos operativos, ya que es el área de la organización donde vamos a implementar BIM, ello es muy importante ya que nos va a permitir establecer los puntos de partida para la implementación, en nuestro caso de estudio y poder lograr los objetivos planteados, y que es la determinación de los parámetros de rentabilidad mediante sistema integrados BIM. Este mapeo se realizará con detalle en el siguiente sección (procedimiento de implementación de acuerdo a los niveles de madurez según (Succar y Skansa)) donde se detallarán cada uno de las competencias, responsabilidades del proceso operativo.

El mapear los procesos nos permitirán poder establecer las métricas de mejora que nos garanticen cuantificar el éxito de la implementación.

3.3.1.3. Campo de las herramientas

En principio partimos de la definición de las herramientas tecnológicas BIM, las cuales se pueden explicar en la figura 3.13, donde se detalla el proceso y las características que deben de poseer estas.

Un sistema basado en modelos BIM establece procedimientos dónde estas operaciones se hacen de manera automatizada. También se debe invertir mucho tiempo en asegurar que los diversos modelos con los que se trabaja sean coherentes entre sí, puesto que todos ellos deberán ser perfectamente compatibles con el edificio una vez se construya.

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

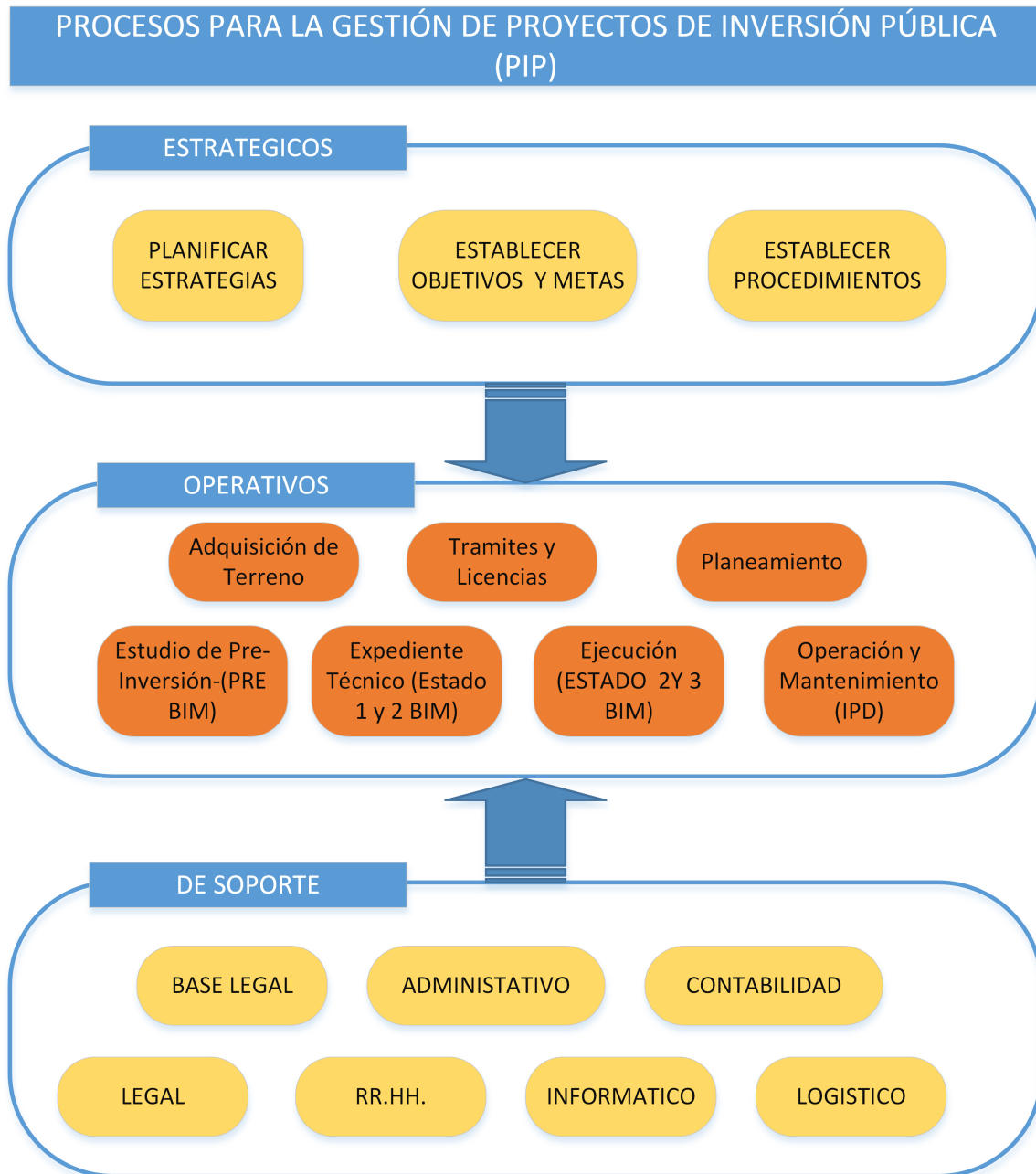


Figura 3.12: Procesos para la Gestión de Proyectos de Inversión Pública - Fuente: propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

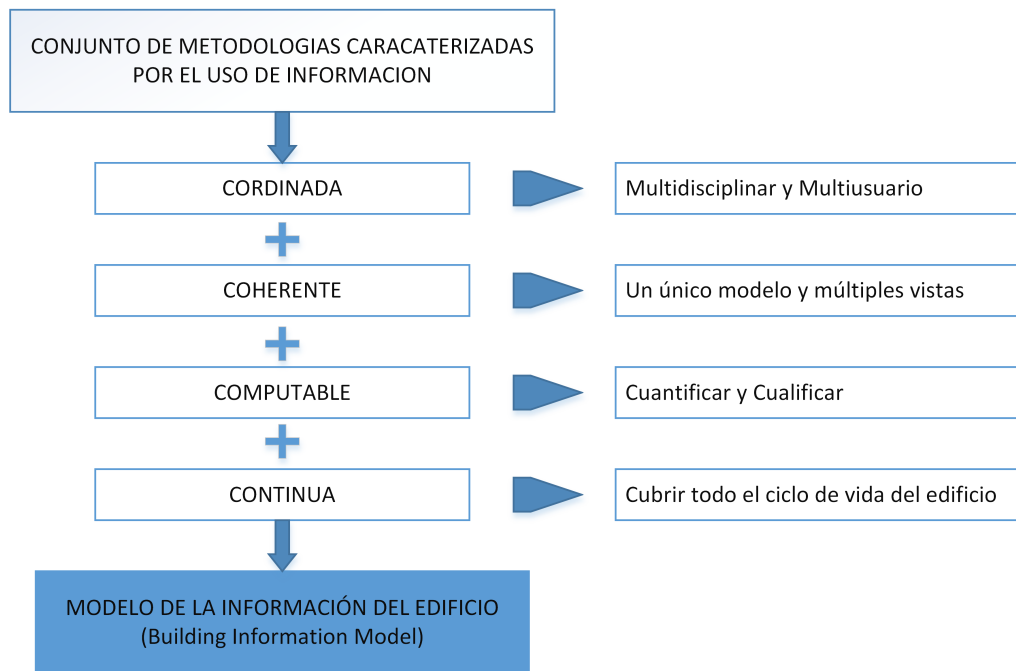


Figura 3.13: Definición de las herramientas Tecnológicas BIM - Fuente: : *Introducción a la Tecnología BIM*, Eloi Coloma Picó, Universidad Politécnica de Cataluña

En este sentido, no ayudan demasiado las aplicaciones habituales, puesto que sólo permiten trabajar con modelos que no se relacionan entre ellos ni son capaces de detectar interferencias entre diferentes sistemas (estructura, arquitectura, instalaciones, etc.). Este problema se puede superar parcialmente con el uso de modelos tridimensionales.

La solución está en emplear tecnología de objetos para poder reducir el número de modelos y además, poder relacionarlos automáticamente. Esto es el que hacen las herramientas BIM. Los objetos no son representaciones, sino entidades definidas según sus características que después se generan y muestran a través de todo tipo de vistas especializadas (como plantas, secciones o axonometrías).

El otro aspecto importante de esta tecnología es la capacidad de cuantificar eficazmente los parámetros no formales de un edificio. Estamos hablando de mediciones comúnmente conocido en nuestro entorno como (metrados). Finalmente, la tecnología

BIM tiene presente la idea que un edificio se debe poder estudiar durante todo su ciclo de vida. Esto incluye la fase de diseño, la de ejecución y también la operación y mantenimiento.

PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN:

Para lo cual dentro de la implementación debemos de establecer las herramientas tecnológicas que vamos a emplear; en el mercado existen varias herramientas tecnológicas como es el caso del Revit Suite, ArchiCAD, Tekla Estructure, Bentley Architecture, Allpan etc, que principalmente sirven para la realización del modelamiento y las cuantificaciones de las diferentes especialidades, Además se plantea la utilización de softwares de Coordinación Interdisciplinarias como es el caso del Naviswork y para el análisis de costos el uso de base de datos como el S10 Costos y Presupuestos, Microsoft Excel y para la planificación el uso del Ms Project o Primavera. Estos software requieren de ordenadores con una buena capacidad de memoria y tarjetas de video adecuadas.

Con estas herramientas, se facilitará la visualización y el traslado de la información de planos en 2D al modelo en 3D, si se cuenta como dos monitores por ordenador, así mismo se requiere del acondicionamiento de una sala de sesiones (ICE) para las coordinaciones interdisciplinarias con los involucrados en el proyecto, que debe contar para este fin con por lo menos dos proyectores con sus respectivos ecrans.

En los proyectos de inversión pública en el área de edificaciones, los entregables de los proyectistas se desarrollan en planos en 2D. Por lo tanto, la propuesta de la implementación parte por desarrollar el modelo en la etapa de perfil técnico y expediente técnico, desde planos en 2D que son revisados y mejorados haciendo uso de sesiones ICE interdisciplinarias (Integrate Concurrent Enginnering) con los involucrados. Estas sesiones seguirán la metodología de ingeniería concurrente, propuesta por el CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) y que se llevan

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

a cabo con la participación de todos los involucrados que aporten información al modelo.

Debemos tener muy en claro que el implementar BIM dentro del Sistema Nacional de Inversión Pública, no es promover el uso de un software, ya que este viene a ser la herramienta para lograr el objetivo: que es obtener un modelo con la información oportuna para poder construir el proyecto sin paras en los procesos por planos incompletos, trabajos re hechos y falta de información. Teniendo claro este concepto, la propuesta de implementación radica en que durante las etapas del ciclo de vida del proyecto el modelo vaya siendo enriquecido por los involucrados en el diseño como son los proyectistas (estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas); a través de las sesiones de trabajo que se proponen y que son la base para el éxito de la implementación de BIM.

La aplicación de la metodología de las sesiones de ingeniería concurrente será productiva cuando se den las condiciones adecuadas para que los participantes puedan (a través de la visualización del modelo en un ambiente diseñado apropiadamente para este fin), aportar soluciones y propuestas de mejoras en base a lo que se muestra en el modelo. Si no se dan estas condiciones es poco lo que se puede aprovechar de los participantes. Por ende estas sesiones se trasladarían directamente a la entidad, la cual se encargará de evaluar y ser partícipe de las soluciones planteadas en estas sesiones.

3.3.2. Procedimiento De Implementación De Acuerdo A Los Niveles De Madurez Según (SUCCAR).

Para plantear la implementación de gestión y evaluación de proyectos de Inversión Pública, debemos tener establecido claramente cómo es que se realizan los procesos de la gestión actual y que cambios son los que se requieren para que sea posible implementar un sistema de Gestión mediante Sistemas Integrados utilizando BIM, en

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

cualquier entidad u organización que forma parte del SNIP, ya sea pública o privada, como ya se detalló líneas arriba las competencias de cada una de ellas.

Luego se presentaran la propuesta para los procesos en la etapa de inversión (expediente técnico y ejecución), para ser más detallado en las etapas de diseño y construcción de un proyecto. En ambos casos, la propuesta incluye un mapeo de procesos, la lista de involucrados y sus responsabilidades y los entregables en cada una de las etapas.

Antes de pasar a explicar la propuesta, se debe resaltar que debido al bajo nivel de madurez que tiene el mercado nacional respecto al uso de BIM (entidades del estado y empresas privadas, proyectistas, constructores y proveedores), o incluso en muchos casos no se conoce del sistema BIM; ello se convierte en un factor determinante para que la implementación de BIM se realice en forma gradual como se propone en esta tesis.

La estrategia de implementación también debe abordar el modo en que la nueva solución coexistirá inicialmente con las aplicaciones de diseño 2D y modelado 3D. Abandonar de forma masiva estas aplicaciones de diseño que van a ser sustituidas es poco práctico y, a menudo, poco acertado, pero a medida que se amplía la implementación, la estrategia también podría incluir planes para la retirada por fases de los sistemas antiguos, en caso sea necesario de acuerdo a los indicadores que muestren la mejora en este nuevo sistema para la evaluación de la rentabilidad de los proyectos⁶.

En base a la revisión literaria se encontró que Succar (2009) ha propuesto que la implementación de BIM está compuesta por tres niveles de madurez. El punto de inicio es identificado como Pre-BIM, el estado antes de la implementación. Después le siguen los tres estados de madurez BIM. y finalmente se tiene el punto final de la implementación que es la Entrega de Proyectos Integrada (IPD). Para lo cual en esta presente

⁶La Transición hacia BIM (Autodesk, 2007).

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

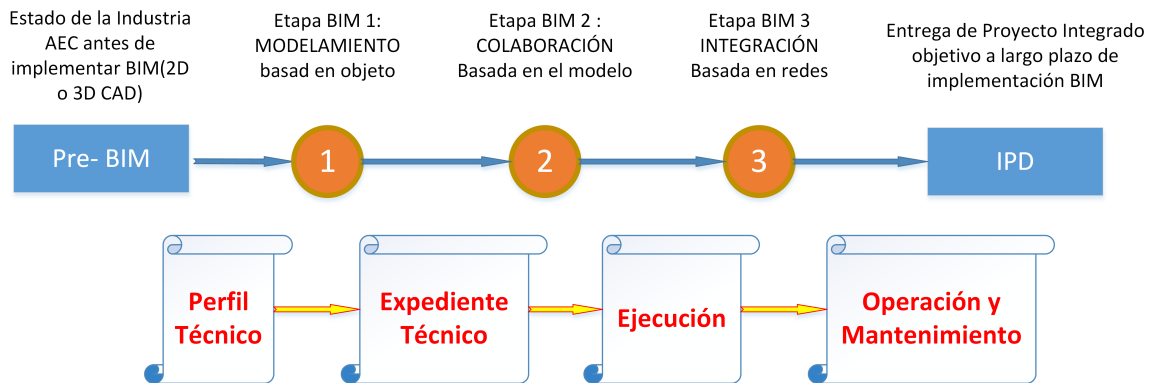


Figura 3.14: Niveles de Implementación BIM de Acuerdo al Ciclo de Vida de un Proyecto- *Fuente:Propia*

Tesis estas etapas estarán directamente relacionadas con las Etapas durante el ciclo de vida del Proyecto como se ilustra en la figura 3.14 (Niveles de Implementación BIM de Acuerdo al Ciclo de Vida de un Proyecto) y que a continuación se detalla.

- **Pre BIM (Perfil Técnico):** En esta etapa se realizará la documentación requerida por la Unidad Formuladora BIM (UF-BIM); cuya información servirá para la transición a la etapa BIM 1 y para el correspondiente expediente técnico.
- **Etapa BIM 1-Etapa BIM 2 y su Transición(Expediente Técnico):** En esta etapa se realizará el modelamiento basado en el objeto y la colaboración basada en el modelo; enfocados principalmente en los documentos Técnicos relacionados al expediente técnico requeridos por la Unidad Ejecutora-BIM.
- **Etapa BIM 2-Etapa BIM 3 y su Transición(Ejecución):** En esta etapa se realizará la colaboración basada en el modelo de acuerdo a la información entregada de la etapa anterior; además se realizará la integración basada en redes enfocados ambos procedimientos principalmente en el cálculo de los parámetros de rentabilidad y flujos económica durante la ejecución del Proyecto.
- **IPD- Entrega de Proyecto Integrado(Operación y Mantenimiento):** Corresponde a la documentación entregada a la Unidad Ejecutora BIM en la liqui-

dación para su posterior operación y mantenimiento del proyecto.

3.3.2.1. PRE-BIM (Etapa de Pre-Inversión-Perfil Técnico)

La propuesta planteada para esta etapa del ciclo de vida del PIP empieza con la elaboración de los procesos, donde se han listado a los involucrados, las actividades que les corresponden y los flujos entre éstos. Para este fin se ha dividido el proceso para la Elaboración del Perfil Técnico bajo la filosofía BIM en cuatro fases que son:

1. Coordinación para el establecimiento de las dimensiones del proyecto..
2. Coordinación de especialidades
3. Modelamiento BIM de estructuras y arquitectura.
4. Cuantificación de partidas y presupuesto de las alternativas.

Como herramientas en la implementación BIM para la generación de la Información para la correspondiente etapa del proyecto, se propone utilizar el software Revit 2016 Estructura y Arquitectura, base de datos de costos S10 o similar y Microsoft Excel. Las herramientas utilizadas cumplen un rol muy importante en la concepción BIM, para lo cual procederemos a detallarlos a continuación.

- **Revit Suite 2016** Nos permiten trabajar las especialidades en simultáneo con diferentes modeladores BIM, para ello se requiere contar con una base de datos centralizada (Servidor) esta puede ser físico o virtual dependiendo de las facilidades en el equipamiento. En ella se almacenará toda la información a medida que esta vaya avanzando y permita que otros usuarios vayan extrayendo los avances para completarlo con las demás especialidades. El Revit Estructura y Architecture nos permiten realizar la modelación de los elementos estructurales y arquitectónicos necesarios para el proyecto. Cabe recalcar que en ambos casos El modelado se realizará con la versión primera revisión de los planos en 2D proporcionados por los especialistas de Estructuras y Arquitectura.

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

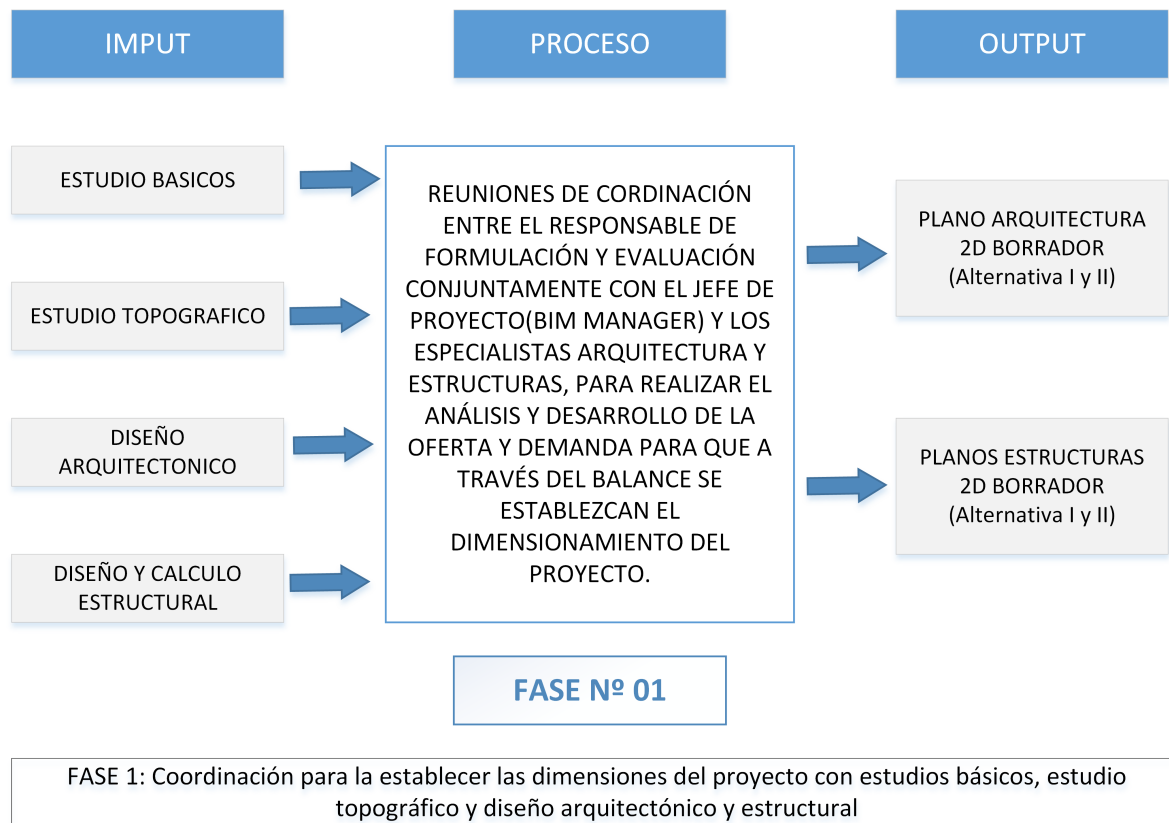


Figura 3.15: Fase 1: Coordinación para el establecimiento de las dimensiones del proyecto- Fuente:Propia

- **Base de Datos de Costos y Presupuesto S10.-** Este software nos permite realizar el análisis de costos unitarios de las partidas y enlazarla esta con los metrados para determinar el Presupuesto del Proyecto.

A continuación se describen las 04 fases en las que se ha dividido el proceso para la elaboración de un perfil técnico a nivel de Pre inversión.

A. FASES Y FLUJOGRÁMA DE TRABAJO.

FASE 1: COORDINACIÓN PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LAS DIMENSIONES DEL PROYECTO. Esta fase es el punto de inicio para la elaboración del estudio de perfil, primeramente se realiza un estudio de campo con los

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

involucrados del proyecto y principalmente el BIM Manager quien será el responsable, de ahí se obtiene los estudios Básicos como los topográficos, para lo cual previa coordinación entre el responsable de formulación y evaluación conjuntamente con el BIM Manager y los especialistas de estructuras y arquitectura, se prioriza atender las necesidades de la población beneficiaria y principalmente cumpliendo con las normativa vigente se establece el diseño arquitectónico, cálculo y pre-diseño de los elementos estructurales, las cuales serán sensibilizadas ante la sociedad y principalmente con los responsables de la Unidad Formuladora BIM de la entidad, en esta etapa se realiza el análisis y desarrollo de la oferta y demanda para que a través del balance se establezcan el dimensionamiento del proyecto.

Para lo cual en esta etapa se tendrá como elementos de salida Output los planos de arquitectura y estructura en 2D borradores de las alternativas planteadas.

FASE 2: COORDINACIÓN DE ESPECIALIDADES.

En esta fase se realizan las primeras coordinaciones entre los proyectistas de las especialidades de instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas , con los especialistas de estructuras y arquitectura para definir ubicaciones y medidas preliminares de los elementos esenciales de la edificación inherentes a los sistemas con los que contara el proyecto.

La participación del BIM manager (Jefe de Proyecto) como ente integrador es fundamental para el éxito de esta fase ya que son los que brindan la información relevante para ello. En esta fase el input son los borradores de los planos de estructuras y arquitectura, teniéndose definido los ejes, tramas y los principales elementos estructurales como columnas y placas y peraltes de vigas y losas. El recurso Humano en esta primera fase son los proyectistas de estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas, así como el BIM manager (jefe de proyecto).

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

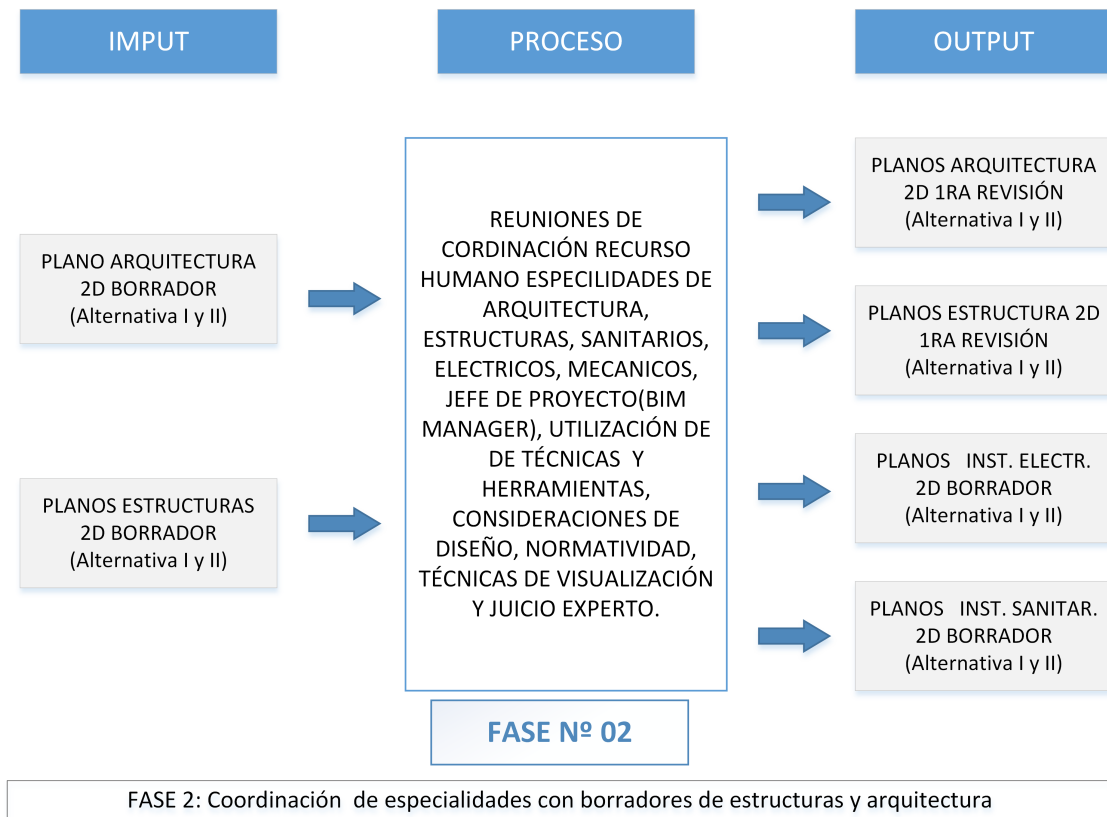


Figura 3.16: Fase 2: Coordinación de especialidades.- Fuente:Propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

Las técnicas y herramientas son las consideraciones de diseño, Normatividad vigente, técnicas de visualización y el juicio experto de los participantes.

El output de esta fase son los planos en 2D de estructuras y arquitectura con primera revisión para iniciar el proceso de modelado BIM y planos de instalaciones eléctricas y sanitarias en 2D borrador.

FASE 3: MODELADO BIM DE ESTRUCTURAS Y ARQUITECTURA

El BIM manager (jefe de proyecto), designa a los modeladores para que desarrollen el modelo usando la herramienta Revit Structure.y Revit Architecture.

Los modeladores de estructuras y arquitectura desarrollan su trabajo en base a los planos en 2D proporcionados. Este trabajo se realiza en forma coordinada ya que es secuencial, es decir empieza con el modelado de estructuras y continúa con el modelado de arquitectura trasladándose la información con un desfase de 1 piso, para que el modelador de arquitectura obtenga como punto de partida la información linkeada de los ejes, niveles y elementos estructurales del modelador de estructuras.

Para el modelado se crea un tren de trabajo similar a un proceso constructivo, se establecen parámetros de acuerdo a las especificaciones Técnicas.

En esta fase el input son los planos en 2D de estructuras y arquitectura, en primera revisión. Adicionalmente de los planos de instalaciones eléctricas y sanitarias como la propuesta de los mobiliarios en borrador.

El recurso Humano en esta segunda fase del proceso de diseño son los modeladores de estructuras y arquitectura, el BIM manager y los proyectistas especialistas.

Las técnicas y herramientas de esta segunda fase del proceso de diseño son las consideraciones de diseño, el linkeado del modelo de estructuras a arquitectura, software Revit Structure y Architecture y el juicio experto de los participantes.

El output de esta fase son los modelos de estructuras y arquitectura los planos de instalaciones eléctricas, sanitarias y mobiliarias en 1ra revisión.

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

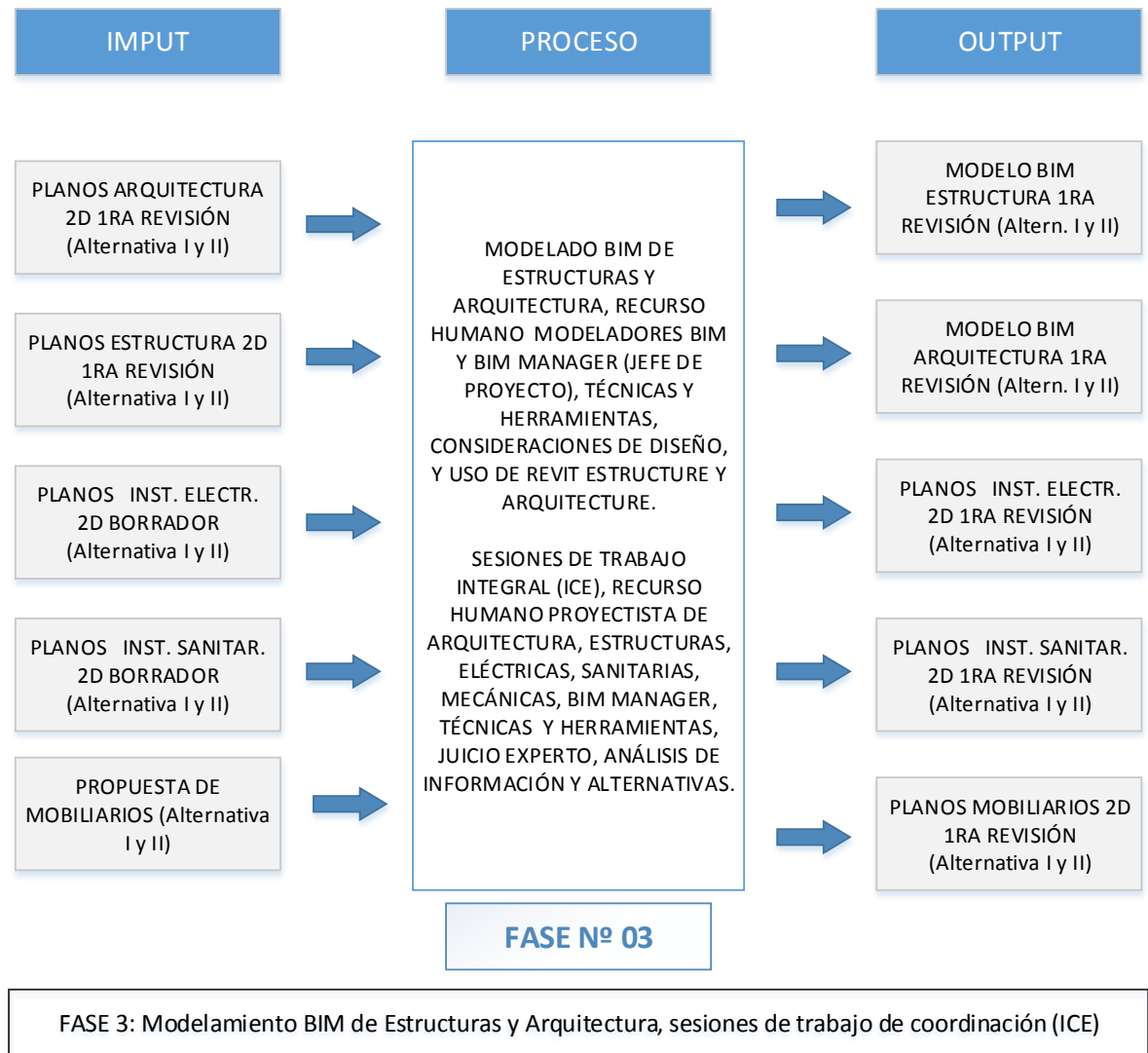


Figura 3.17: Fase 3: Modelamiento BIM de Estructuras y Arquitectura.- Fuente:Propia

FASE 4: CUANTIFICACIÓN DE PARTIDAS Y PRESUPUESTO DE LAS ALTERNATIVAS.

En esta fase se procede a realizar la cuantificación de las partidas que componen el proyecto las cuales se obtendrán para las partidas de arquitectura y estructuras de los modelos BIM utilizando el software Revit y su aplicativo de tablas de planificación, lo cual permite la obtención de estas de forma automática previa configuración y establecimiento de plantillas, las cuales se pueden exportar de manera fácil a hojas de cálculo, Este proceso se realiza en concordancia con los modeladores BIM y El responsable de Costos y presupuestos quien además estará encargado de realizar el análisis de costos unitarios en una base de datos de Costos como es el caso del S10 y realizar el metrado de las demás especialidades de acuerdo a la norma de Metrados para obras y edificaciones BIM, las cuales están enlazadas directamente con los C.U. para poder obtener de esta forma el presupuesto de las dos alternativas. Las cuales en coordinación conjunta con el BIM Manager (jefe de proyecto) y el responsable de Formulación y Evaluación procederán a determinar previa evaluación de la rentabilidad social la alternativa económicamente sostenible para PIP.

En esta fase el input son los modelos BIM de estructuras y arquitectura, los planos de Instalaciones eléctricas, sanitarias y de mobiliarios en primera revisión de ambas alternativas.

El recurso Humano en esta segunda fase del proceso de análisis son el responsable de Costos y Presupuesto así como el de formulación y conjuntamente con el BIM manager, los modeladores de arquitectura y estructuras.

Las técnicas y herramientas de esta segunda fase del proceso de análisis y evaluación son los procesos de cálculo para la rentabilidad social y sostenibilidad, así como la

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

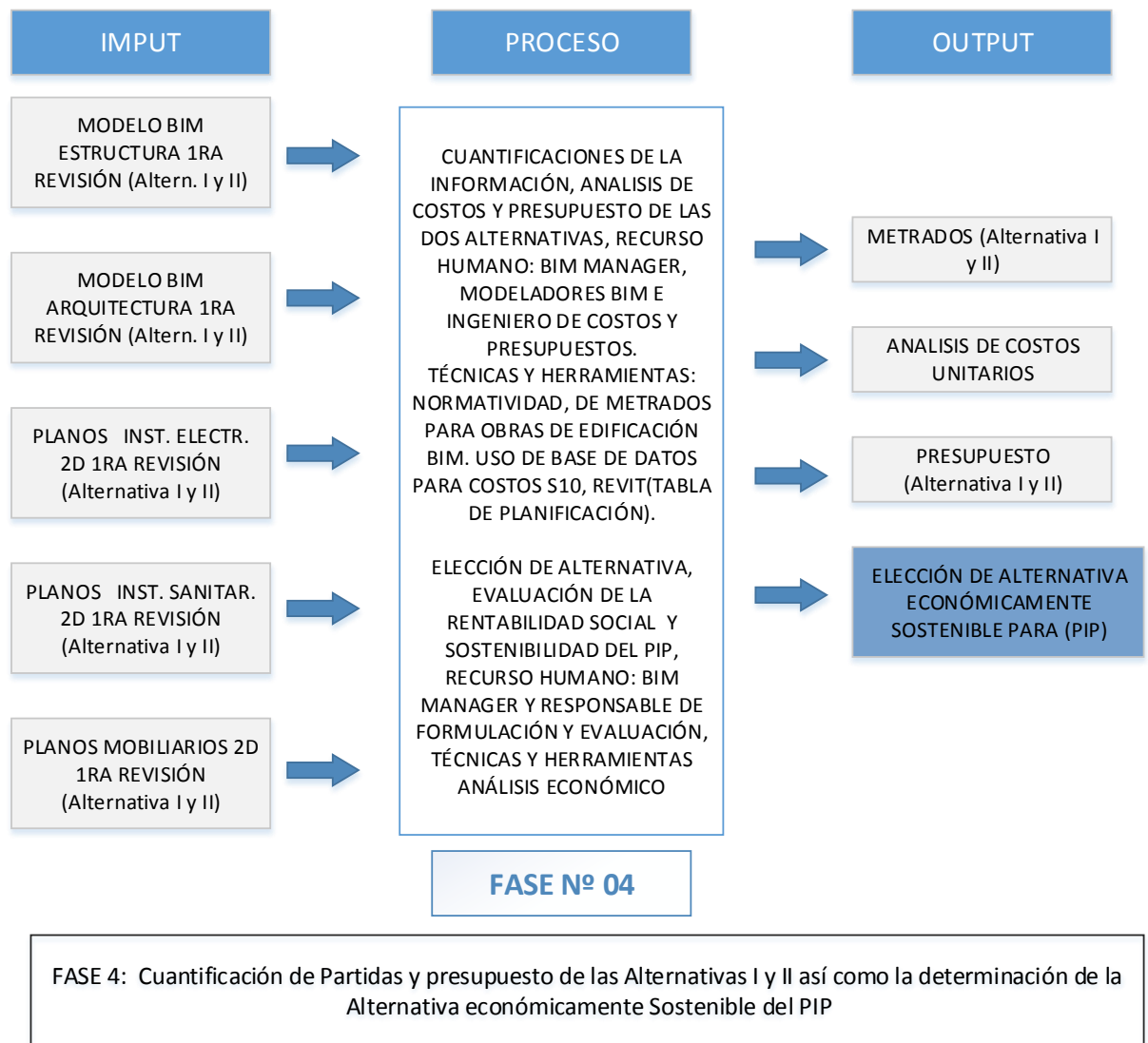


Figura 3.18: Fase 4:Cuantificación de Partidas y Presupuesto de las Alternativas.- Fuente:Propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

determinación de las cuantificaciones y presupuestos linkeado e integral al modelo, software Revit structure y Architecture, Base de datos de Costos y presupuestos y el juicio experto de los participantes.

El output de esta fase son los metrados, análisis de costos unitarios, el presupuesto de ambas alternativas, así como la elección de la alternativa económicamente sostenible para (PIP).

B. INVOLUCRADOS

El desarrollo del estudio a nivel de Perfil demandará la participación de un equipo multi-disciplinario con conocimientos en el sistema de Gestión BIM, quienes desarrollarán funciones específicas en el proceso de la elaboración del estudio de Perfil bajo la metodología descrita.

INVOLUCRADOS ETAPA DE PERFIL TÉCNICO	
ENTIDAD ESTATAL	Responsable de la Unidad Formuladora BIM
CONSULTOR	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Jefe de Proyecto (BIM Manager) ✓ Responsable en Formulación y Evaluación ✓ Modeladores BIM ✓ Arquitecto (diseño arquitectónico) ✓ Ingeniero Estructural ✓ Ingeniero Eléctrico ✓ Ingeniero Sanitario ✓ Ingeniero de Costos y Presupuesto

Tabla 3.1: Involucrados de la Etapa Pre-BIM (Perfil Técnico)

3.3.2.2. Etapa BIM 1-Etapa BIM 2 y su Transición (Expediente Técnico-Etapa de Inversión)

En esta etapa del ciclo de vida del proyecto (expediente técnico), se plantea la utilización de los conceptos sugerido por Succar Etapa BIM 1 (modelado de la información), donde en base a la información brindada de la etapa anterior ya se cuenta con el modelamiento

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

de las especialidades de estructuras y arquitectura, por consiguiente se continuará con las demás especialidades y serán adicionados a estos modelos, parámetros técnico y de planificación constructiva; y la Etapa BIM 2 (colaboración entre modelos), plantea la integración interdisciplinaria de los modelos de diseño como los modelos económicos y la cuantificaciones de estas, así como también de los involucrados. Para poder determinar con mayor eficacia: el presupuesto y los plazos de ejecución del proyecto. Se procederá con la misma metodología de la etapa anterior, donde se empieza con la elaboración de los procesos, donde se han listado a los involucrados, las actividades que les corresponden y los flujos entre éstos. Para este fin se ha dividido el proceso para la elaboración del expediente técnico (etapa de inversión), bajo la filosofía BIM en siete fases que son:

1. Evaluación del modelo BIM, análisis de incompatibilidades y generación de especificaciones Técnicas.
2. Corrección de Incompatibilidades por especialidad (estructuras y arquitectura) y modelado de las especialidades.
3. Integración de modelos paramétricos y análisis de incompatibilidades multidisciplinarias .
4. Generación de documentos contractuales(planos compatibilizados integrados).
5. Proceso de obtención de información del modelo BIM, para la cuantificación de partidas.
6. Integración de costos unitarios y la cuantificación del modelo BIM para la obtención de presupuesto contractual.
7. Programación 4D integrada al modelo y visualización del modelo BIM-3D.

Como herramientas en la implementación BIM para la generación de los modelos de información y la colaboración de los modelos para la correspondiente etapa del proyecto,

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

se propone utilizar el software Revit 2016 Suite, NavisWorks Manage 2016, Microsoft Project, Microsoft Excel, base de datos de costos S10 o similar. Las herramientas utilizadas cumplen un rol muy importante en la concepción BIM, para lo cual procederemos a detallarlos a continuación.

- **Revit Suite 2016.-** Aparte de los beneficios descritos en el ítem anterior, el software nos permitirá la codificación y parametrizar de acuerdo a las especificaciones técnicas (tipo de Materiales y proceso constructivo) de cada uno de los elementos, con lo cual se generan las tablas de planificación donde se procede a realizar la cuantificación de los elementos del modelo.
- **NavisWorks Manage.-** La principal función del software en esta etapa será la de realizar un análisis de incompatibilidades interdisciplinario (Clash Detection) permitirá la colaboración entre modelos, adicionalmente con la función de Time-Liner se procederá a realizar la Programación en 4D y 5D del proyecto integrando sus funciones a un Diagrama de Barras Gant (tren de Actividades). Permitirá verificar la constructabilidad de los elementos del modelo.
- **Microsoft Project.-** Permitirá la elaboración de la planificación y programación del tren de actividades del proyecto integrando a la base de datos de los rendimientos por unidad de medida y los costos unitarios de las partidas.

A. FASES Y FLUJOGRÁMA DE TRABAJO.

A continuación se describen las 07 fases en las que se ha dividido el proceso para la elaboración del expediente técnico a nivel inversión.

FASE 5: EVALUACIÓN DEL MODELO BIM, ANÁLISIS DE INCOMPATIBILIDADES Y GENERACIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

En esta fase del proceso para la elaboración del expediente técnico mediante sistemas integrados BIM, se procede a la evaluación del modelo BIM de las especialidades de

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

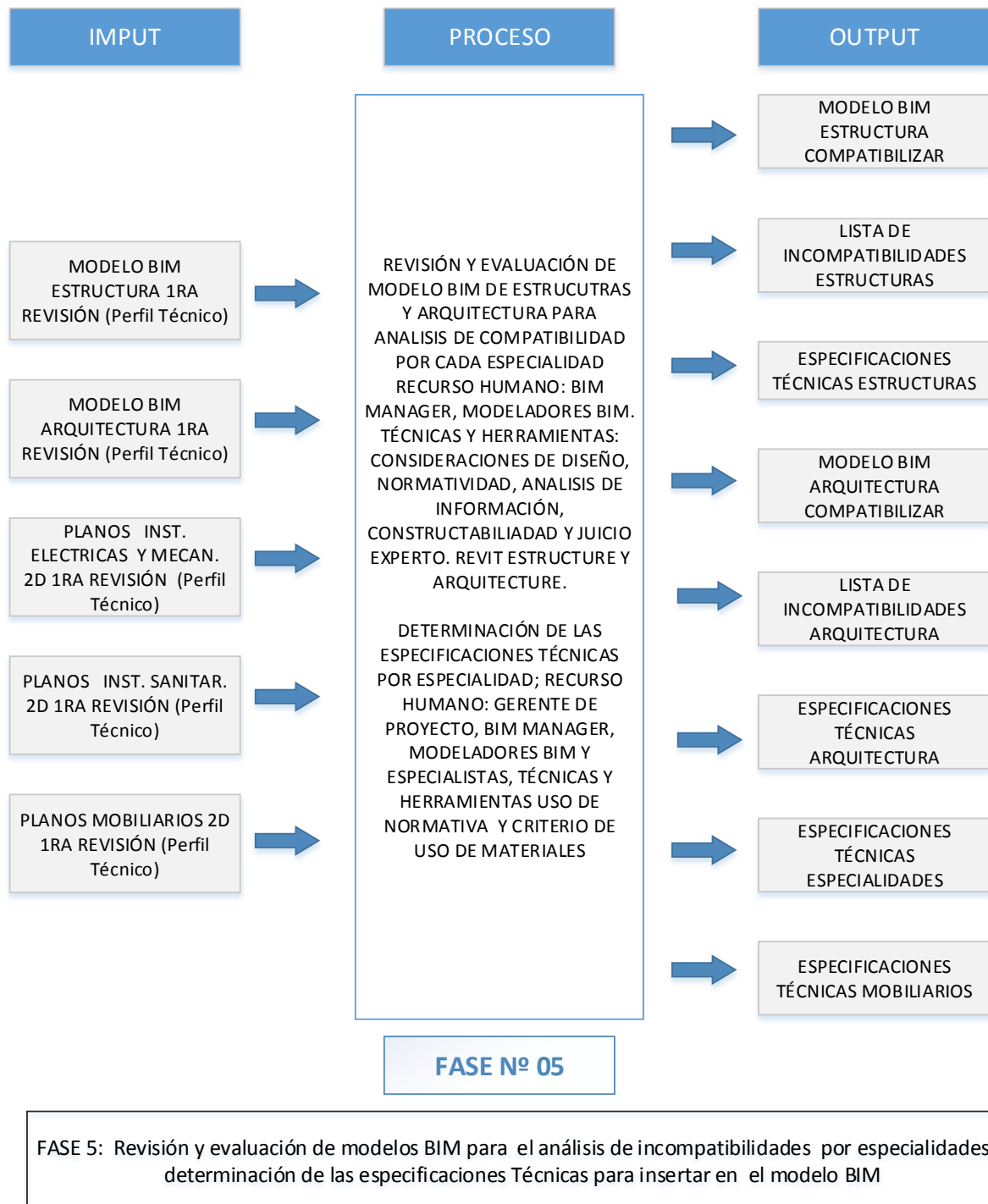


Figura 3.19: Fase 5: Evaluación del Modelo BIM, Análisis de Incompatibilidades y generación de especificaciones Técnicas.- Fuente: Propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

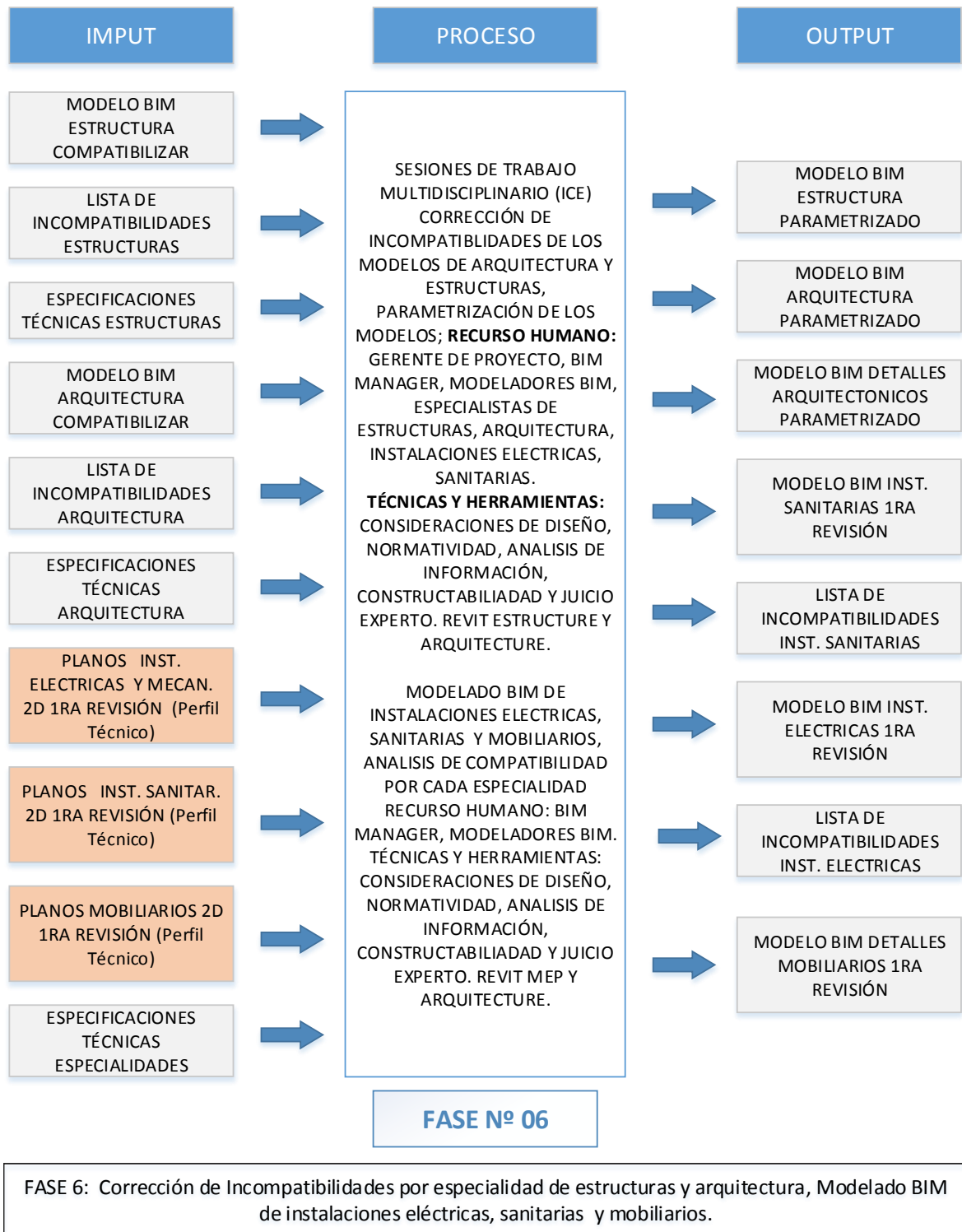


Figura 3.20: Fase 6: Corrección de Incompatibilidades por especialidad (Estructuras y Arquitectura) y modelado de las especialidades.- Fuente:Propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

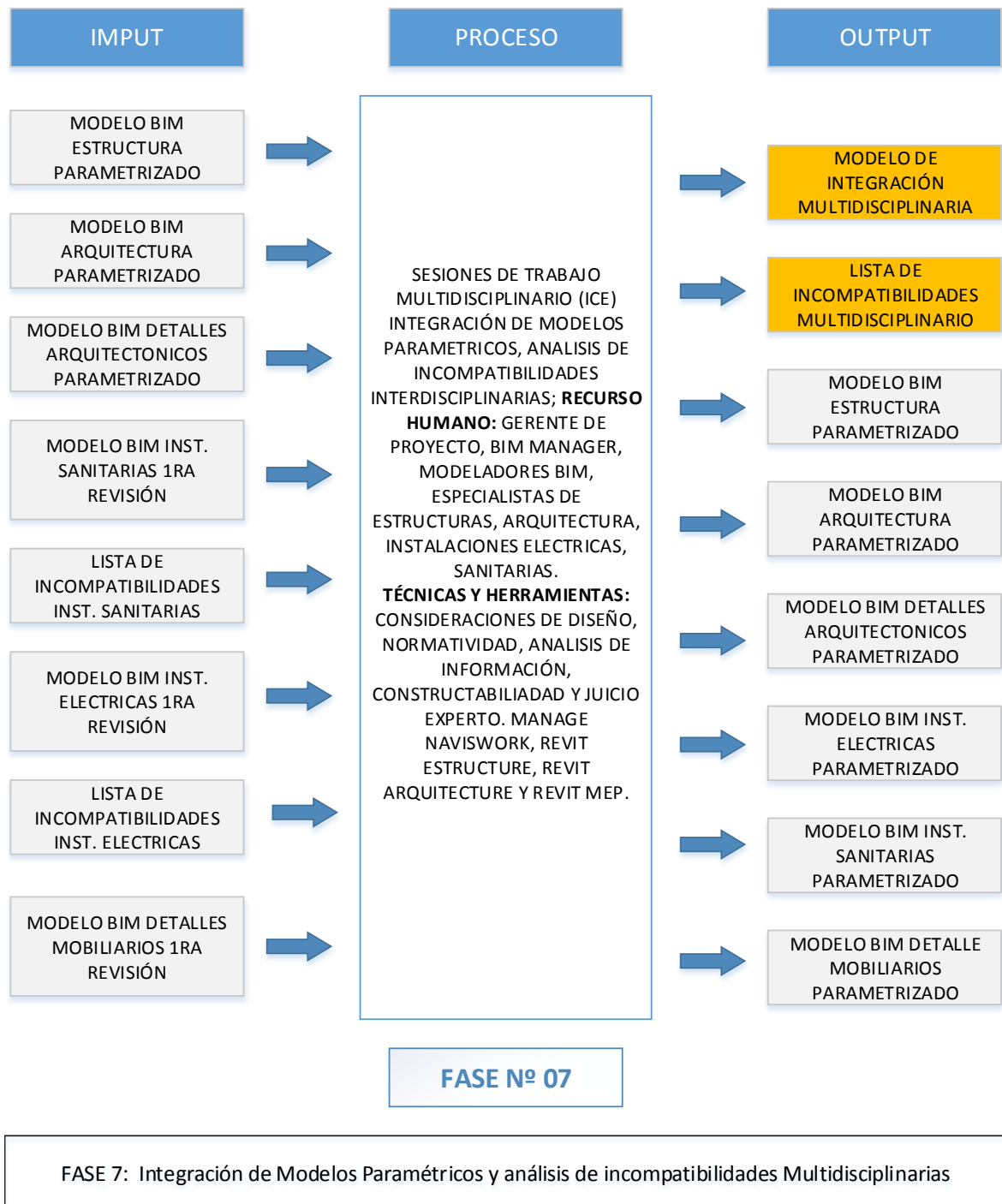


Figura 3.21: Fase 7: Integración de Modelos Paramétricos y análisis de incompatibilidades multidisciplinares .- Fuente:Propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

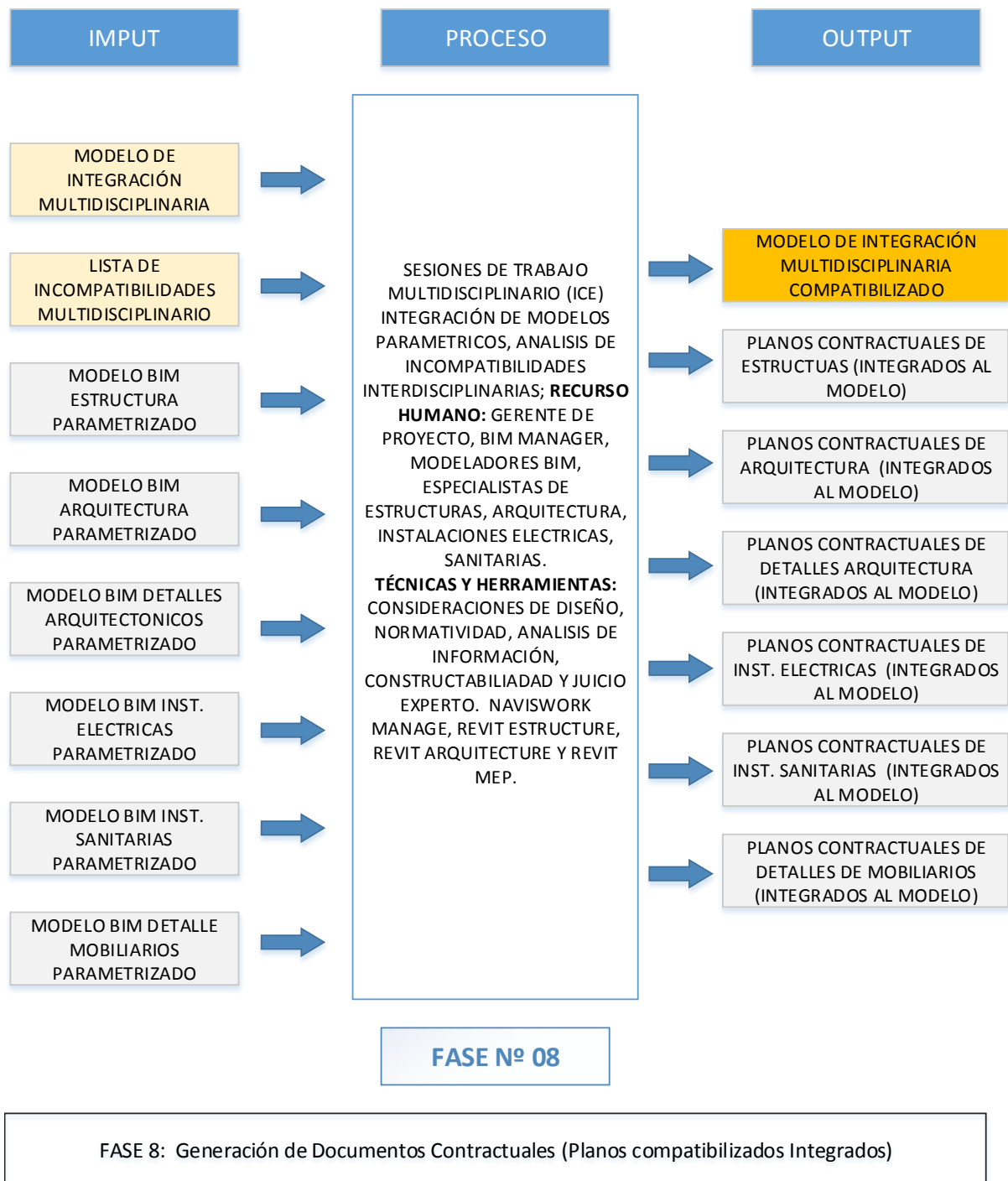


Figura 3.22: Fase 8: Generación de Documentos Contractuales(Planos Compatibilizados Integrados).- Fuente:Propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

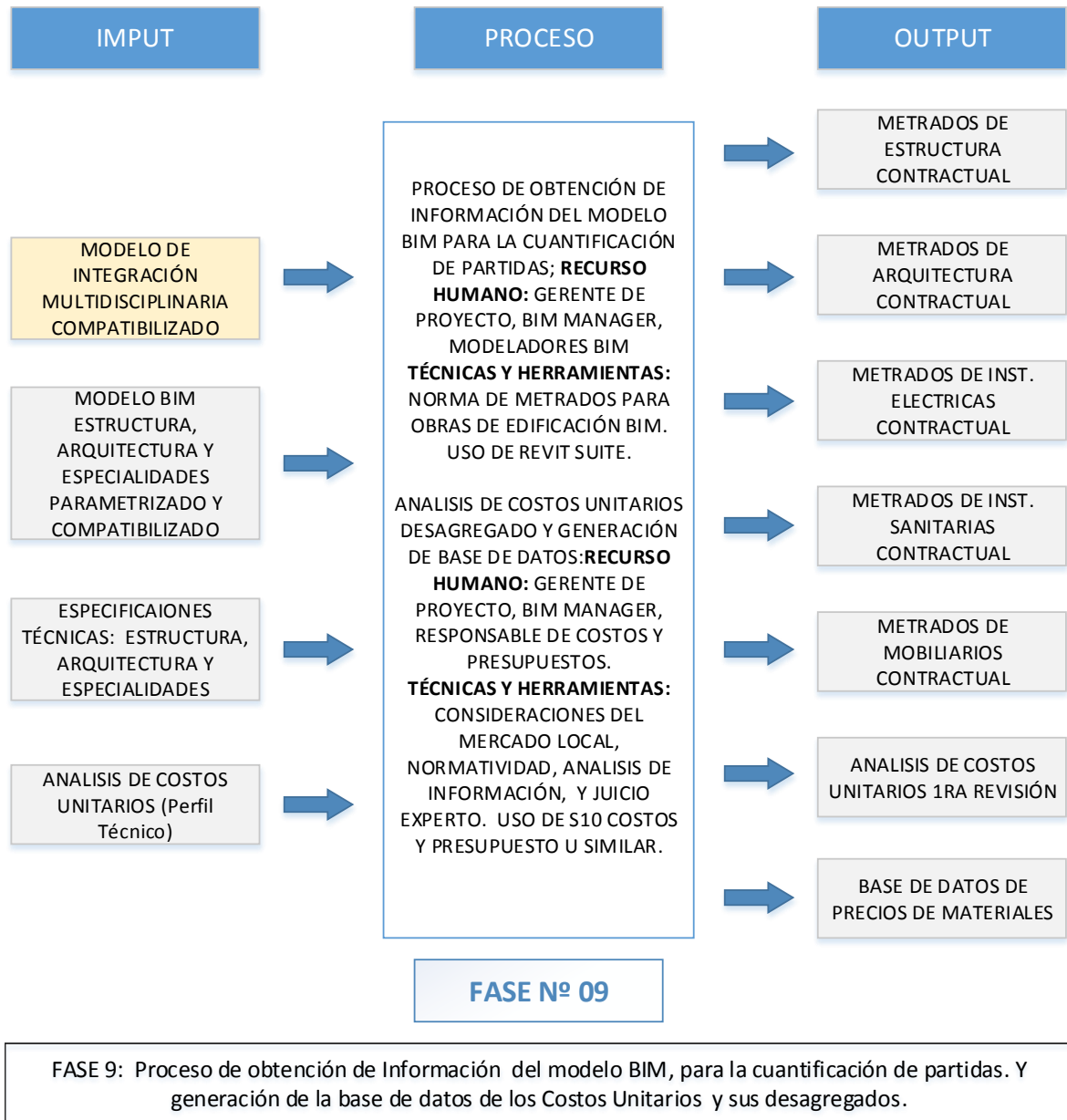


Figura 3.23: Fase 9: Proceso de obtención de Información del modelo BIM, para la cuantificación de partidas.- Fuente: Propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

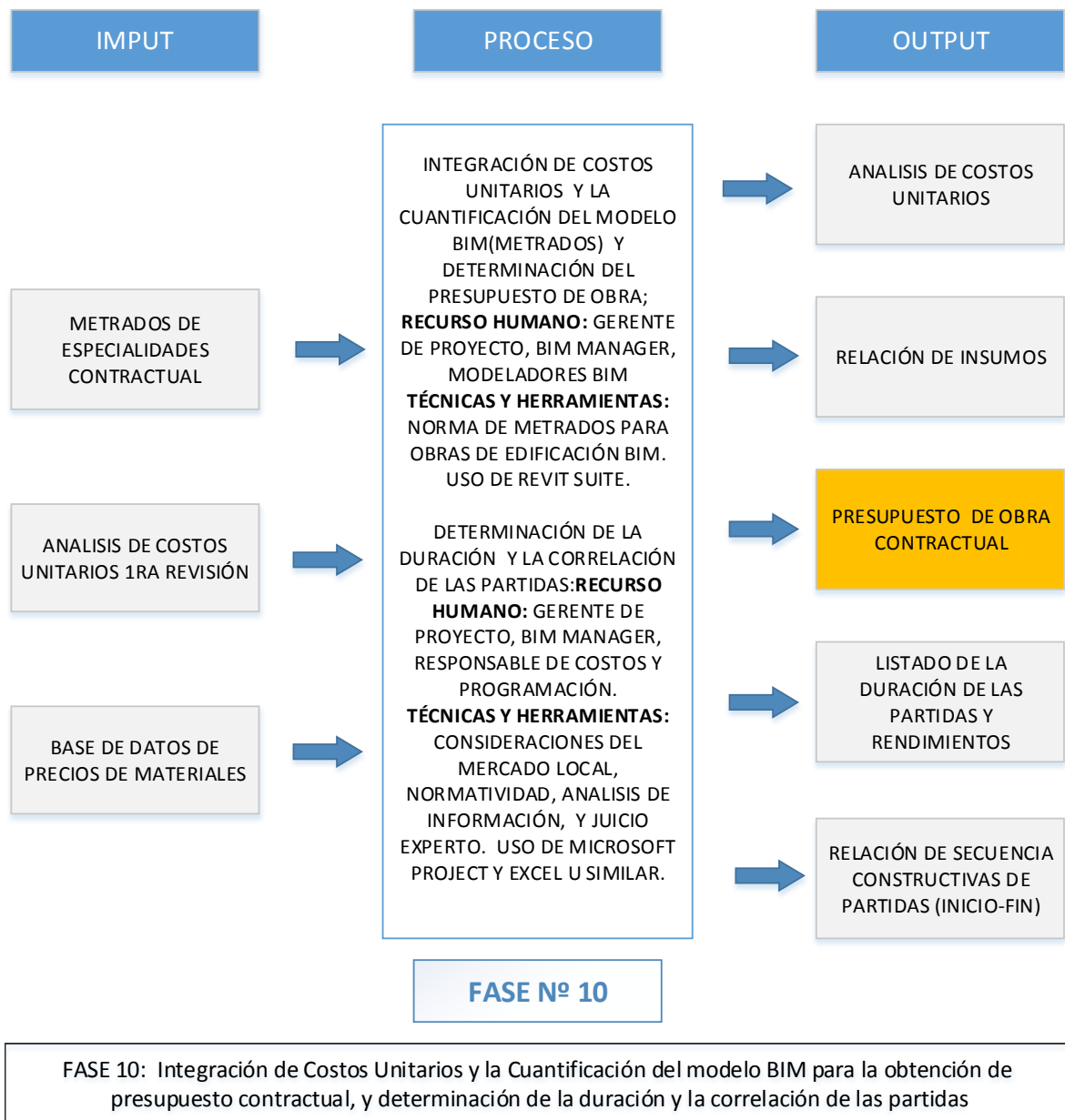


Figura 3.24: Fase 10: Integración de Costos Unitarios y la cuantificación del modelo BIM para la obtención de presupuesto contractual..- Fuente:Propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

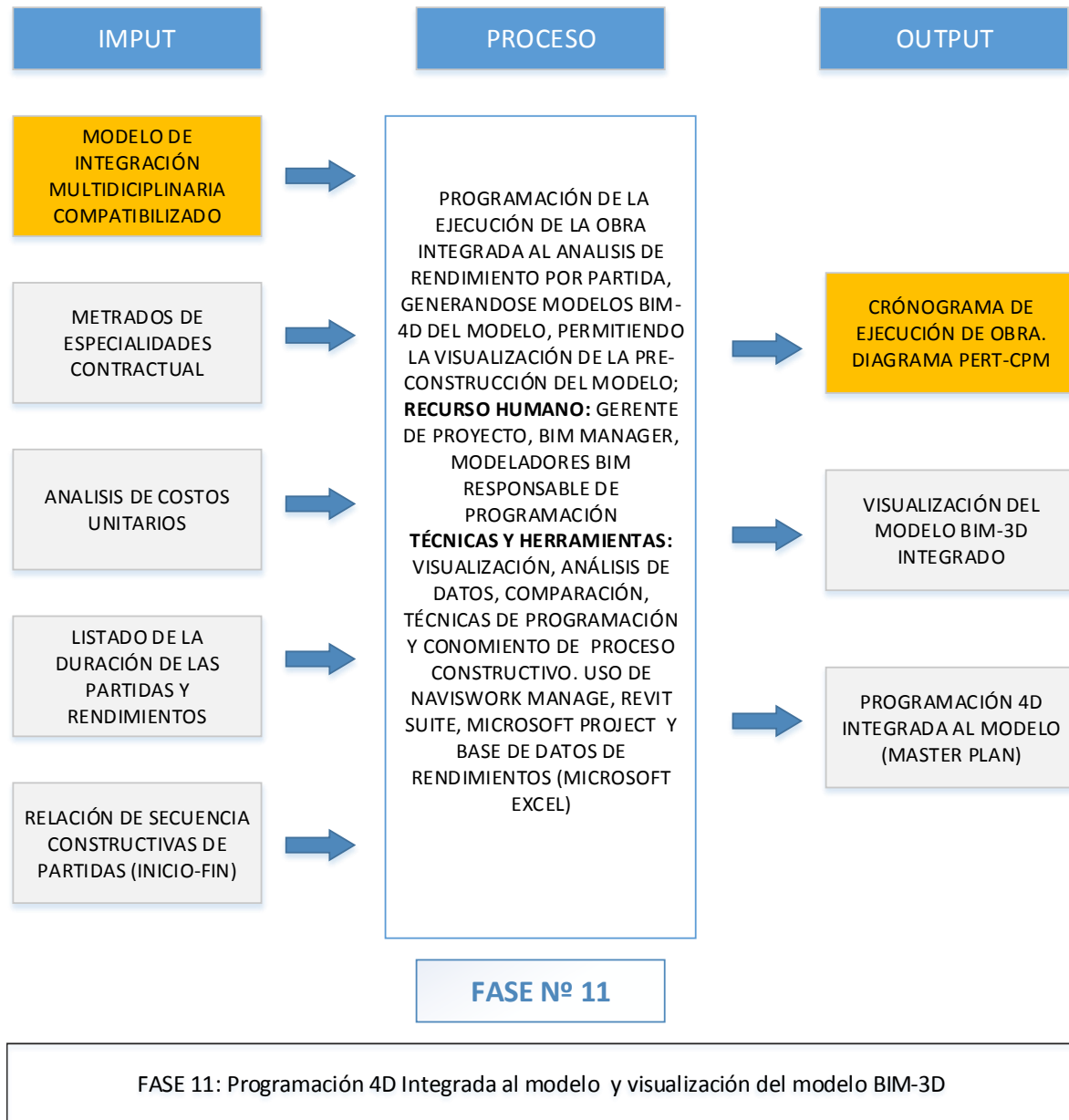


Figura 3.25: Fase 11: Programación 4D Integrada al modelo y Visualización del modelo BIM-3D.- Fuente: Propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

Estructuras y arquitectura, procedente de la etapa anterior (perfil técnico), información que será proporcionada por la entidad contratante, bajo los parámetros establecidos y normados de acuerdo a las modificaciones de las políticas para el SNIP. Bajo estos términos y teniendo como elementos de entrada(INPUT), los modelos BIM de estructura y arquitectura 1ra revisión y los planos 2D de las especialidades en 1ra revisión de la alternativa seleccionada, procedemos a realizar el análisis de incompatibilidades de los modelos por especialidades, donde se obtendrá elementos de salida(OUTPUT) la lista de incompatibilidades, así como los modelos para compatibilizar. Paralelamente a estos se generan las especificaciones técnicas de cada una de las especialidades, que más adelante serán insertado en cada uno de los elementos del modelo.

El recurso humano en esta quinta fase del proceso son principalmente, el BIM Manager, los modeladores BIM, quienes en coordinación entre ellos procederán a realizar el listado de incompatibilidades de acuerdo a las consideraciones de diseño, la constructabilidad del modelo y su juicio experto. Adicionalmente se contará con los responsables de oficina técnica y el Gerente del Proyecto, para realizar las especificaciones técnicas de los elementos de acuerdo a los requerimientos del cliente y a la normatividad vigente. Las herramientas empleadas son principalmente el uso del Revit structure y architecture, para realizar la revisión y evaluación del modelo generados en esta misma plataforma en la etapa anterior, para generar la lista de incompatibilidades.

FASE 6: CORRECCIÓN DE INCOMPATIBILIDADES POR ESPECIALIDAD (ESTRUCTURAS Y ARQUITECTURA) Y MODELADO DE LAS ESPECIALIDADES.

Para la siguiente fase principalmente se elaboran dos procesos paralelos: primero se realiza la coordinación o las sesiones de trabajo multidisciplinario (ICE), donde el BIM Manager procede a listar las incompatibilidades encontradas en los modelos de la fase anterior a los proyectistas especialistas quien conjuntamente con la dirección

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

del Gerente de proyecto, procederán a la corrección de dichas incompatibilidades, y con dicha información los modeladores BIM procederán a realizar las correcciones respectivas y adicionar a estos modelos parámetros técnicos (inserción de las especificaciones técnicas a los elementos del modelo) y de secuencia constructiva, mediante codificaciones, previamente establecidas para la homogenización y que formarán parte de la descripción detallada de los elementos del modelo. Obteniéndose así como elementos de salida los modelos de estructura, arquitectura y detalles arquitectónicos parametrizado.

Paralelamente y de acuerdo a los establecido líneas arriba, ya con los modelos de arquitectura y estructura parcialmente compatibilizados, se procede a realizar el modelamiento de las demás especialidades y teniendo como elementos de entrada los planos en 2d de las distintas especialidades en 1ra revisión entregados por los proyectistas especialistas, y de acuerdo al procedimiento establecido se realiza el modelado, el análisis de compatibilidad por especialidad y la inserción de los parámetros técnicos y de procedimiento constructivo, obteniéndose así como OUTPUT los modelos BIM de las especialidades de (sanitarias, eléctricas, mecánica y mobiliarios) en primera revisión conjuntamente con la lista de incompatibilidades.

El recurso humano implicado para esta etapa son principalmente: Gerente de proyecto, BIM Manager, proyectistas, especialistas en estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas y sanitarias, conjuntamente con los modeladores BIM, cada uno de ellos realizando las funciones establecidas líneas arriba.

Las herramientas empleadas para esta fase son las siguientes: Revit structure, architecture y MEP, teniendo en cuenta: la normativa, las consideración de diseño, análisis de información, constructabilidad y el juicio experto.

FASE 7: INTEGRACIÓN DE MODELOS PARAMÉTRICOS Y ANÁLISIS DE INCOMPATIBILIDADES MULTI-DISCIPLINARIAS .

Se procede a realizar las sesiones de trabajo multi-disciplinarias (ICE), para proceder a la realización de la Integración de los Modelos Paramétricos y el análisis de incompatibilidades multi-disciplinarias, en coordinación de los siguientes involucrados: Gerente de Proyecto, BIM Manager, proyectistas especialistas y modeladores BIM, en el cual teniendo como elementos de entrada a los modelos BIM parametrizados y los modelos de las especialidades de (eléctricas, sanitarias y mecánicas) conjuntamente con la lista de incompatibilidades de cada una de ellas, se procede a la inserción en una plataforma de análisis, que permita el análisis de incompatibilidades multi-disciplinarias de acuerdo a parámetros establecidos de análisis. Obteniéndose así los OUTPUT un modelo de integración multi-disciplinarias conjuntamente con la lista de incompatibilidades. Y los modelos por especialidades parametrizados.

La herramienta principal para esta fase es el uso de Autodesk NavisWorks Manage y el uso de su herramienta de análisis (Clash Detective), donde se realizan test de análisis, para la identificación de incompatibilidades de acuerdo a reglas preestablecidas y el tipo de análisis requerido que forma parte de su configuración. Adicionalmente se requiere el uso del Revit Suite.

FASE 8: GENERACIÓN DE DOCUMENTOS CONTRACTUALES(PLANOS COMPATIBILIZADOS INTEGRADOS).

Esta es una de las fases más importantes para la etapa de elaboración de expediente técnico del proyecto. Ya que en estas se generan documentos contractuales bajo el enfoque de sistemas integrados y usos de herramientas y tecnología BIM, las cuales serán piezas importantes para la siguiente etapa del ciclo de vida del proyecto. En esta fase se tiene como INPUT a los modelos de integración interdisciplinaria conjuntamente con el listados de incompatibilidades, las cuales mediante sesiones de

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

trabajo multi-disciplinario que son una constante en cada una de las fases ya que es uno de los pilares del sistema de gestión BIM , se procede a realizar el levantamiento de las incompatibilidades y la corrección de estas. Obteniéndose así como elementos de salida el modelo de integración multi-disciplinaria compatibilizado, conjuntamente con los modelos compatibilizado y parametrizados de cada una de las especialidades y principalmente los planos contractuales de cada una de las especialidades (integradas al modelo).

El recurso humano empleado para esta fase es : Gerente de Proyecto, BIM Manager, proyectistas especialistas , modeladores BIM, responsable de oficina técnica, cada uno de ellos con las funciones establecidas previamente.

Herramientas utilizadas: Autodesk NavisWorks Manage, Revit Estructure, Architecture y MEP. Consideraciones de diseño, normatividad, análisis de información y juicio experto.

FASE 9: PROCESO DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DEL MODELO BIM, PARA LA CUANTIFICACIÓN DE PARTIDAS.

Teniendo en cuenta principalmente como elemento de entrada (INPUT) el modelo de integración multi-disciplinaria compatibilizado, los modelos BIM de las especialidades compatibilizado y parametrizados, las especificaciones técnicas y el análisis de costos unitarios proveniente este último del perfil técnico. Se procede a la obtención de información del modelo BIM para la cuantificación de partidas, previamente estableciendo formatos de metrados de acuerdo a la Norma técnica de metrados para Obras de Edificación BIM, modificado y aprobado mediante las políticas establecidas para este proceso. Y a la codificación empleada para la parametrización del modelo pre-establecida por los involucrados, es así que mediante las herramientas de un software BIM, que en este caso se tomará para el procedimiento las tablas de planificación de Revit, las cuales estarán ordenadas de acuerdo a lo descrito anteriormente, y estas podrán ser exportadas fácilmente a hojas de cálculo(Microsoft Excel), que estarán

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

integradas constantemente al modelo. Y se nos facilitará la información para las fases posteriores.

Paralelamente se procede a la revisión de análisis de costos unitarios procedentes del perfil técnico, las cuales se incorporarán a una base de datos (previa revisión); la cual nos facilite la integración a cada uno de los modelos de las especialidades y principalmente se integre a las cuantificaciones de las partidas(metrados), esta integración se puede dar directa o indirectamente, dependiendo principalmente de los recursos de software y que se cuente con su disposición, o para el caso de estudio esta integración se realizará de forma indirecta, mediante el usos de hojas de cálculo, ya que todos los software y base de datos BIM son compatibles con está. El OUTPUT para esta fase son : metrado de cada una de las especialidades contractuales, análisis de costos unitarios 1ra revisión y base de datos de precios de materiales.

El recurso humano empleado para esta fase serán: Gerente de Proyecto, Bim Manager, modeladores BIM, responsable de costos y presupuesto conjuntamente con el jefe de oficina técnica.

Las herramientas utilizadas para esta fase serán las siguientes: Revit Suite, S10 costos y presupuestos u similar, y Microsoft Excel. Y el uso de la norma técnica de metrados para Obras de edificación BIM, análisis de información y juicio experto.

FASE 10: INTEGRACIÓN DE COSTOS UNITARIOS Y LA CUANTIFICACIÓN DEL MODELO BIM PARA LA OBTENCIÓN DE PRESUPUESTO CONTRACTUAL.

Esta fase viene hacer la más importante para la elaboración del Expediente Técnico BIM, ya que en esta fase se determinará el presupuesto de obra contractual, documento técnico que establece el valor del proyecto en la etapa de ejecución y que es materia de estudio de la presente tesis, ya que cuando se vio los problemas que conllevaron a la

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

realización de este estudio, este fue uno de los más importantes debido a la variabilidad que sufre y perjuicio que causa a ambas partes involucradas en la ejecución del proyecto.

Se procede con la integración de los costos unitarios del proyecto, la cual está establecida en una base de datos con la cuantificación del modelo BIM (metrados), como se explico anteriormente esta se puede realizar de forma directa o indirectamente, dependiendo de los recursos tecnológicos con que se cuente. Para el caso de estudio se realizará de forma indirecta, exportando la información a una plataforma de uso común, que en este caso será el Microsoft Excel, la cual permitirá el cálculo del presupuesto de la obra contractual de acuerdo a los formatos establecidos. Y la cual se podrá ingresar nuevamente a la base de datos. El presupuesto en está etapa deberá permanecer inalterable debido a su naturaleza contractual, pero contará con la característica que se podrá actualizar de forma automática si es que algún elemento sufre alguna variación. Obteniéndose así como elementos de salida en está fase (OUTPUT), el presupuesto contractual de la obra, análisis de costos unitarios, relación de insumos.

Como otro punto a realizarse en esta fase, es la determinación de la correlación de la secuencia constructiva de las partidas (inicio-fin), y la duración de cada una de ellas, obteniéndose así como OUTPUT: el listado de la duración de las partidas de acuerdo al rendimiento y la cuantificación de cada una de ellas, al relación de la secuencia constructiva de partidas.

El recurso Humano en esta fase serán los siguientes: Gerente de Proyecto, BIM Manager, modeladores BIM, responsable de costos y programación. Cada uno realizando las funciones descritas líneas arriba.

Las herramientas utilizadas para esta fase serán las siguientes: Revit Suite, S10 costos y presupuesto, Microsoft Excel y Project u similar (Primavera).

FASE 11: PROGRAMACIÓN 4D INTEGRADA AL MODELO Y VISUALIZACIÓN DEL MODELO BIM-3D.

Como última fase de esta etapa del proyecto se tiene , la programación de la ejecución de la obra integrada al análisis de rendimientos por partidas y a la correlación de la secuencia constructiva de las partidas (inicio-fin), teniendo para esta fase de la etapa del proyecto como elementos de entrada (INPUT) al modelo de integración multi-disciplinaria compatibilizado, metrados de especialidades contractual, análisis de costos unitarios, listado de la duración de las partidas con su respectivo rendimiento y por último la relación de la secuencia constructiva de partidas, para poder obtener así mediante el proceso descrito los elementos de salida (OUTPUT) como principal elemento: al cronograma de ejecución de obra(diagrama PERT-CPM) contractual, que también deberá de mantenerse inalterable durante la ejecución de la Obra, ya que así solucionará uno de los problemas planteados para la realización de esta Tesis. Otro de los entregables generados en esta fase, será la implementación de los modelos 4D integradas al modelo, que vendrá hacer el master plan, ya que marcará los hitos a cumplir durante la ejecución del proyecto y serán puntos de control. Y por ultimo se podrá contar con la visualización del modelo BIM-3D integrado u la pre-construcción del proyecto.

El recurso Humano empleado serán los siguientes: Gerente de Proyecto, BIM Manager, modeladores BIM, responsables de programación.

Las herramientas utilizadas en esta fase serán principalmente: el uso de Autodesk NavisWorks Manage, Revit Suite, Microsoft Project, base de datos S10 costos y presupuestos y Microsoft Excel.

B. INVOLUCRADOS

El desarrollo del estudio a nivel de expediente técnico demandará la participación de un equipo multi-disciplinario con conocimientos en el sistema de gestión BIM, y especialistas en el sistema de gestión BIM, quienes desarrollarán funciones específicas en el

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

proceso de la elaboración del estudio de expediente técnico bajo los principios descritos por Sucarr (modelamiento basado en el objeto y la colaboración de los modelos) bajo la metodología descrita.

INVOLUCRADOS ETAPA DE EXPEDIENTE TÉCNICO	
ENTIDAD ESTATAL	Responsable de la Unidad Ejecutora BIM
CONSULTOR	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Jefe de Proyecto ✓ BIM Manager ✓ Modeladores BIM ✓ Arquitecto (diseño arquitectónico) ✓ Ingeniero Estructural ✓ Ingeniero Eléctrico Mecánico ✓ Ingeniero Sanitario ✓ Ingeniero de Costos y Presupuesto ✓ Ingeniero de Programación ✓ Ingeniero de Oficina Técnica

Tabla 3.2: Involucrados de la Etapa BIM1 Y Etapa BIM 2 y su transición (Expediente Técnico)

3.3.2.3. Etapa BIM 2-Etapa BIM 3 y su Transición (Ejecución-Etapa de Inversión)

En esta etapa del ciclo de vida del proyecto (Ejecución de la inversión Pública), para el entender de muchos se enmarca los procesos más importantes del ciclo de vida del proyecto, ya que para finiquitar la idea del proyecto se incurren en esta etapa los mayores costes y plazos y su indeterminación como su variabilidad han aquejado muchos problemas. Para el enfoque de la presente tesis esta etapa significa la continuación de una serie de procesos, que será enmarcado en una determinada etapa, y que el correcto uso de los procedimientos anteriores y los planteados a continuación conllevará a la determinación con mayor precisión y exactitud para el análisis y evaluación de la rentabilidad de los PIP, mediante sistemas integrados y uso de tecnología BIM.

Para esta etapa debido a que ya se cuenta con el modelo del objeto(Etapa BIM 1 según

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

Surccar) procedente de la etapa anterior (Expediente Técnico) los cuales deberían de ser inalterados, nos enfocaremos en afianzar los conceptos de la Etapa BIM 2 (colaboración entre modelos) e introducir la Etapa BIM 3 (integración basada en redes), Esta integración se puede lograr a través de tecnologías de "servidor de modelo" o para nuestro caso mediante bases de datos individuales integradas distribuidas. En esta etapa BIM 3, los modelos se convierten en modelos interdisciplinarios, que permitirán realizar análisis complejos y rápidos. El trabajo colaborativo planteado en la etapa anterior servirá como base principal para convertirse en "ESPIRALES ITERATIVAS", en torno a un amplio, unificado y compatible modelo de datos.

Para la introducción de estos conceptos Según Succar al sistema de ejecución de un PIP, y en base a la información brindada de la etapa anterior, principalmente partiremos de la sinergia inherente que existe entre BIM-LEAN, creando así los trenes de trabajo, el lookahead, análisis de restricciones (principios Lean) e integrando estos conceptos a los modelos de diseño BIM, generándose así una simulación por ordenador de la secuencia constructiva (Modelos 4D-análisis de tiempo) como parte esencial de la planificación colaborativa de las tareas. Y permitiendo así un adecuado control y seguimiento del avance de la obra, esta parte será esencial y determinante para el cálculo de los flujos económicos y consecuentemente de los parámetros de rentabilidad de un PIP (flujos de caja, Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Costo-Beneficio (B/C)) generándose Modelos 5D (estimación de costos). En esta última parte se resalta que será un procedimiento iterativo debido a la naturaleza dinámica de una obra de edificación donde la principal variable en las primeras iteraciones será los costos de los materiales y la cantidad de mano de obra utilizada, hasta obtenerse precios establecidos y rendimientos controlados.

Se procederá con la misma metodología de la etapa anterior, donde se empieza con la elaboración de los procesos, donde se han listado a los involucrados, las actividades que

3.3. *Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).*

les corresponden y los flujos entre éstos. Para este fin se ha dividido el proceso para la ejecución del PIP (etapa de inversión), bajo la filosofía BIM en cuatro fases que son:

1. Planeamiento táctico y operativo, para la determinación del EDT y EDO, obtención del modelo BIM para la cuantificación de partidas y presupuesto meta por frentes de trabajo de acuerdo a la EDT.
2. Sinergia BIM-LEAN, planificación colaborativa de las Actividades. Generación De trenes de trabajo integradas al modelo.
3. Cálculo de parámetros de rentabilidad, modelos *5D* 1ra iteración.
4. Retro- alimentación de información vinculada BIM, y cálculo del resultado operativo mensual y estimación de parámetros de rentabilidad iteración "N".

A. FASES Y FLUJOGRÁMA DE TRABAJO.

A continuación se describen las 04 fases en las que se ha dividido el proceso para la ejecución del PIP.

FASE 12: PLANEAMIENTO TÁCTICO Y OPERATIVO, PARA LA DETERMINACIÓN DEL EDT Y EDO, OBTENCIÓN DEL MODELO BIM PARA LA CUANTIFICACIÓN DE PARTIDAS Y PRESUPUESTO META POR FRENTES DE TRABAJO.

En esta fase nos enfocaremos principalmente en el planeamiento táctico y operativo utilizando como herramienta, la estructura de descomposición de trabajo (EDT o Work Breackdown Estructure), para plasmar de forma gráfica, los frentes de trabajo, la sectorización de la obra y la descomposición de la misma hasta alcanzar un nivel tal que sea capaz de controlar la obra. Esto implica la descomposición del modelo de integración multi-disciplinaria compatibilizado en bloques de trabajo de acuerdo al EDT, además definir a los responsables que llevará acabo los diferentes niveles de la

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

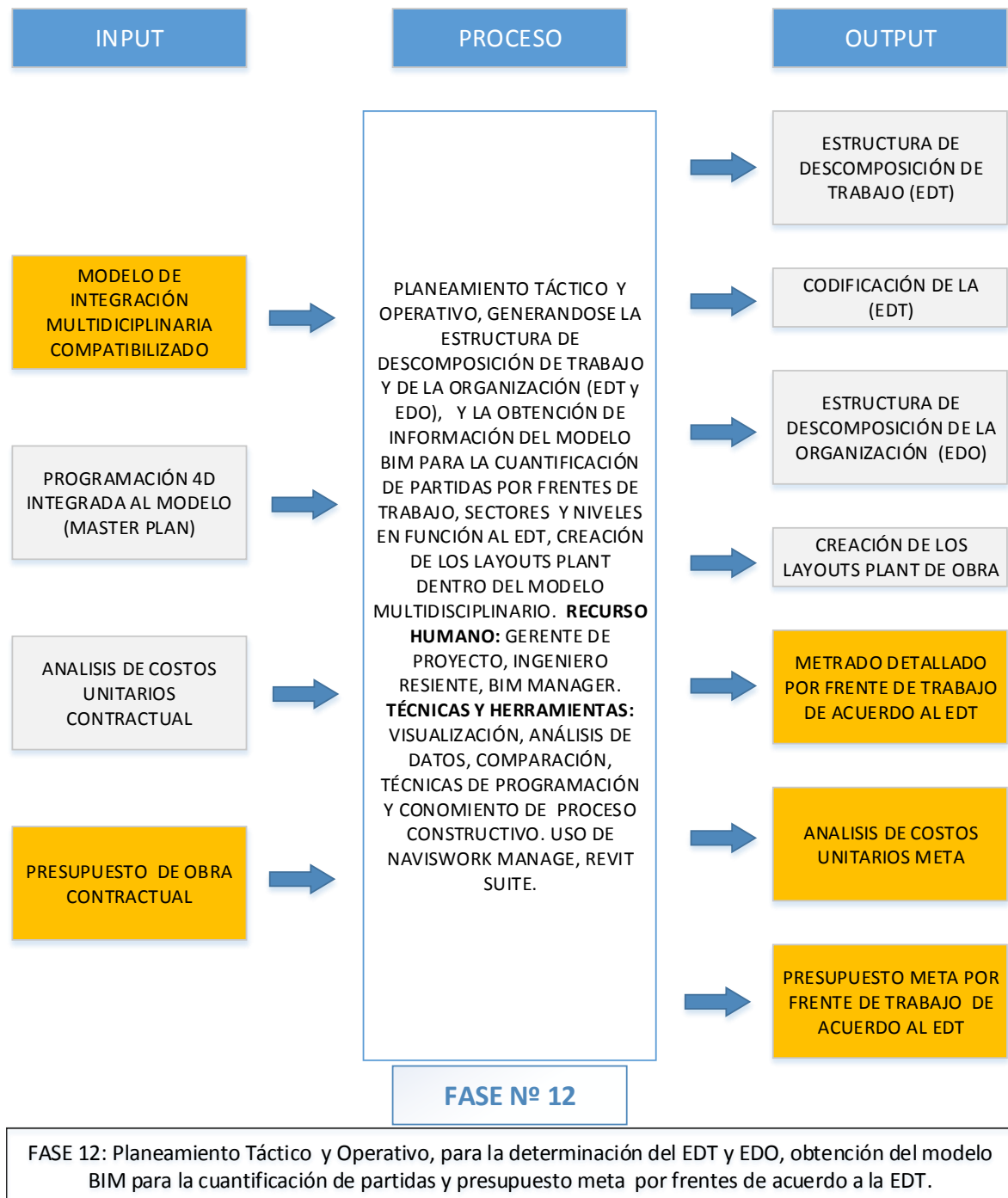


Figura 3.26: Fase 12: Planeamiento Táctico y Operativo, para la determinación del EDT y EDO, modelo BIM para la cuantificación de partidas y presupuesto meta por frentes.- Fuente: Propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

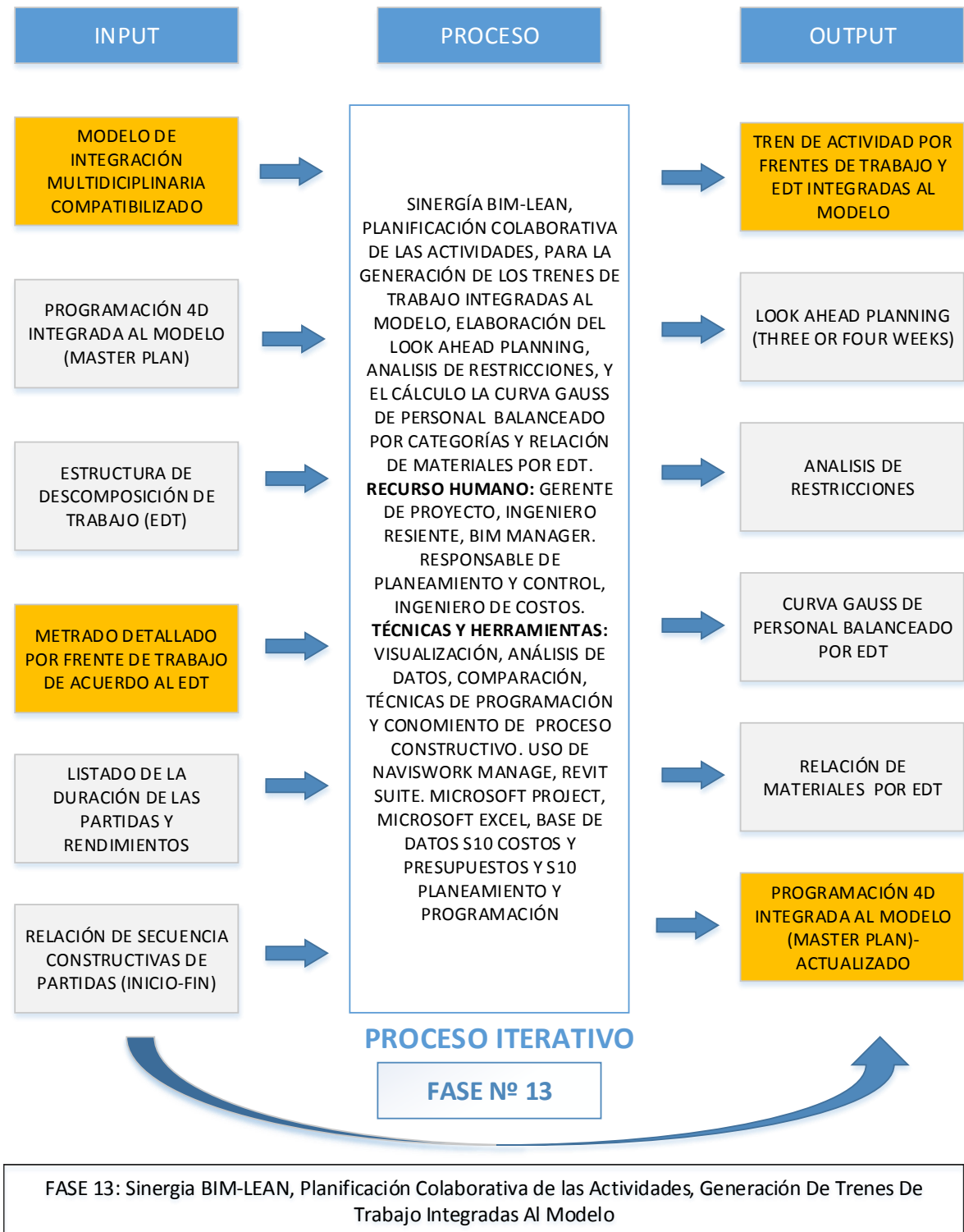


Figura 3.27: Fase 13: Sinergia BIM-LEAN, Planificación Colaborativa de las Actividades. Generación De Trenes De Trabajo Integradas Al Modelo.- Fuente:Propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

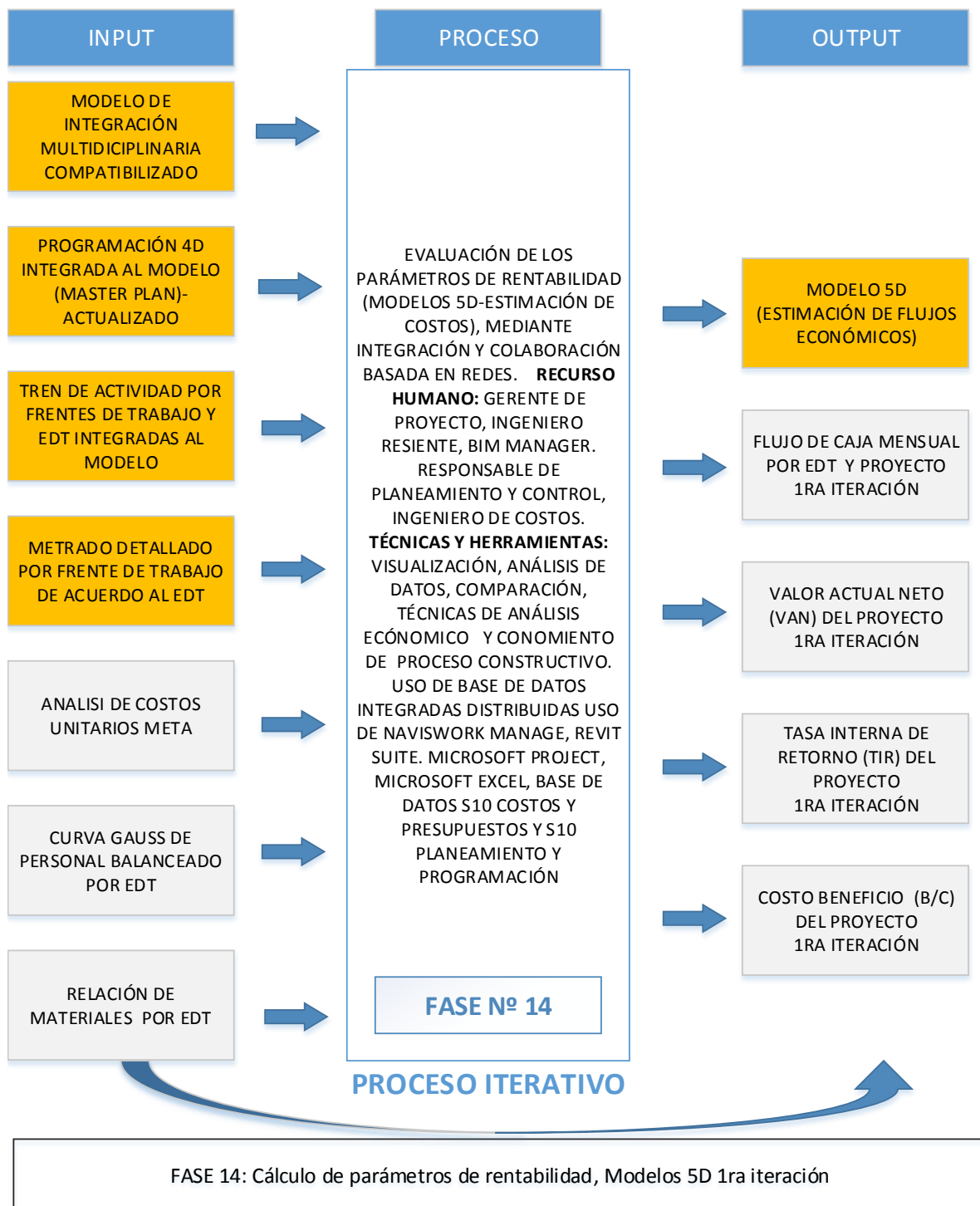


Figura 3.28: Fase 14:Cálculo de parámetros de rentabilidad, modelos 5D 1ra iteración
.- Fuente:Propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

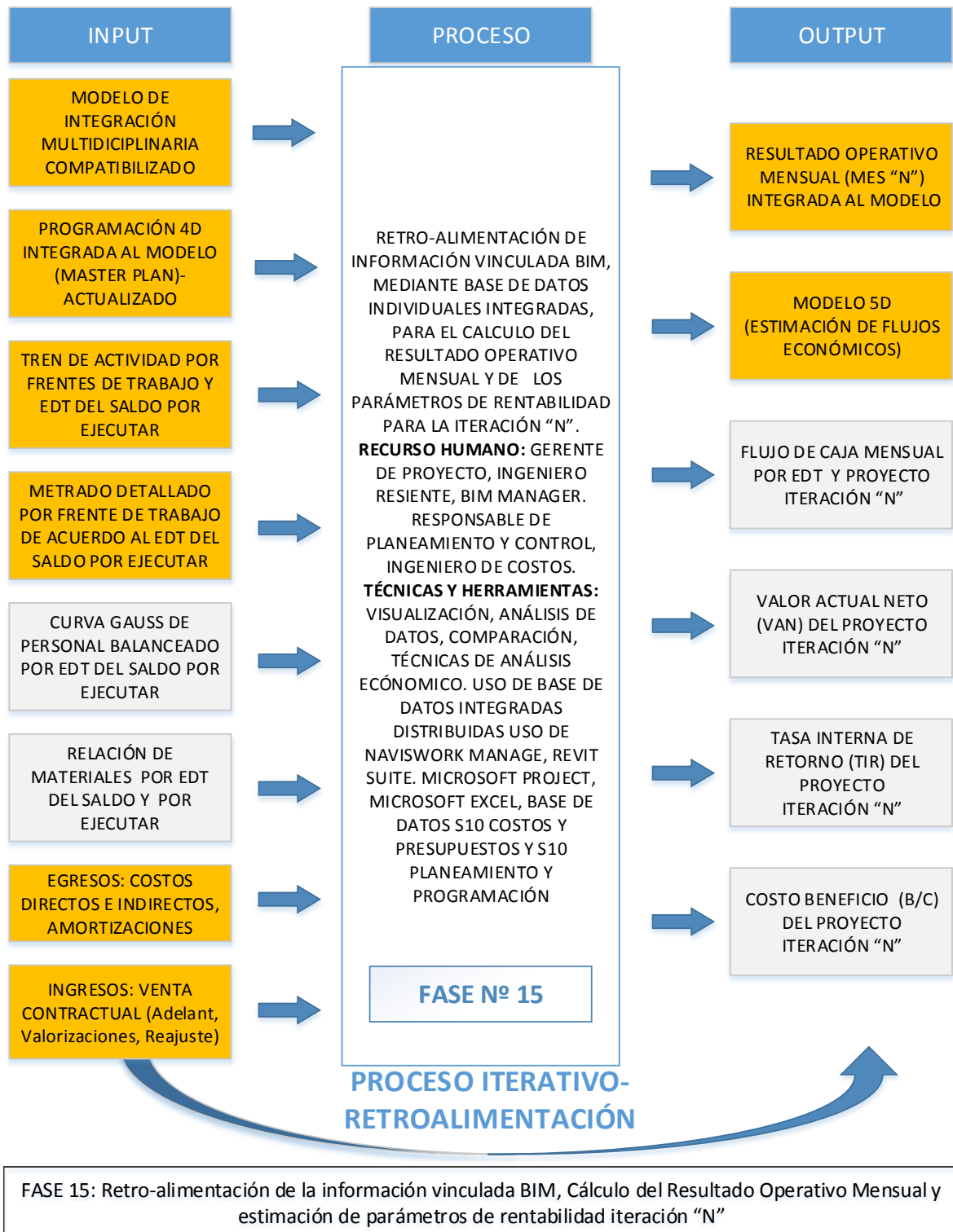


Figura 3.29: Fase 15:Retro- alimentación de Información vinculada BIM, y cálculo del Resultado Operativo mensual.- Fuente:Propia

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

EDT, elaborando la estructura de descomposición de la organización(EDO), con la finalidad de determinar los gastos técnicos y administrativos de la obra. Además definir la distribución en planta (Layout Plant) para optimizar el uso de las instalaciones provisionales y los accesos dentro de la obra. El ultimo Nivel de la EDT de la obra nos permitirá definir los recursos necesarios para elaborar el costo unitario de cada tarea. Paralelamente, la EDT en su último nivel nos permitirá la obtención de la información del modelo BIM, para la cuantificación de las partidas por frente de trabajo, sectores y niveles en función de la EDT y la elaboración del presupuesto meta del proyecto, en función a la base de datos referente a los costos unitarios y a los contractuales.

El recurso humano empleado para la presente fase corresponde a un nivel de dirección intermedia. Principalmente el residente de obra conjuntamente con el gerente del proyecto serán los encargados de realizar los EDT y EDO, debido a su implicancia para lograr los objetivos, El BIM Manager será el encargado de direccionar a los modeladores BIM, conjuntamente con el ingeniero de costos, la obtención de la cuantificación de las partidas del modelo BIM.

Las Técnicas y Herramientas ah utilizar para esta etapa serán: la visualización, el análisis de datos, técnicas de planeamiento y conocimiento de proceso constructivo, así como el uso de los software: Autodesk NavisWorks, Revit suite, y Microsoft Excel.

FASE 13: SINERGIA BIM-LEAN, PLANIFICACIÓN COLABORATIVA DE LAS ACTIVIDADES. GENERACIÓN DE TRENES DE TRABAJO INTEGRADAS AL MODELO.

Definido la cuantificación de las partidas(metrados por ejecutar por cada tarea definida en la EDT), y determinada los recursos unitarios meta (mano de obra detallado por categoría como capataz, operario, oficial y peón), elaboramos la hoja de planificación y programación que permita definir la duración de cada tarea y su correspondiente recurso diarios. Optimizando el uso de recurso a través de la nivelación de los mismos,

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

empleando técnicas heurísticas como los trenes de trabajo por frentes y EDT integradas al modelo; y la filosofía Lean Construction y sus correspondientes técnicas como son el Last Planner (último planificador) y los look ahead three or four weeks, determinar el análisis de restricciones, y realizar el control de lo que se planifique se realice sin contratiempo. Estas herramientas nos permitirá adicionalmente poder calcular el personal obrero necesario por categoría en una línea de tiempo mediante la curva Gauss de personal balanceado por EDT. La sinergia BIM-LEAN que existe de forma inherente entre estas permite la integración entre la base de datos proporcionada por la hoja de planificación y programación con los modelos BIM de las diferentes especialidades desglosada por frente de trabajo, mediante software de gestión de proyectos como son (Microsoft Project o Primavera Project Planner). La Planificación colaborativa, permite la actualización constante de la información en tiempo real, entre el modelo BIM, la base de datos de planificación y programación , la base de datos de costos unitarios y lo ejecutado en campo, para poder realizar reajustes y principalmente controlar el cumplimiento del master plan(Programación 4D- integrada al modelo). Por ende se trata de un proceso iterativo, que se deberá de realizar cada cierto tiempo, mediante la actualización de datos.

El recurso humano empleado para la presente fase son principalmente: gerente de proyecto, residente de obra, BIM Manager, modeladores BIM, responsables de planeamiento y control así como el ingeniero de costos.

Las técnicas y herramientas ah utilizar para esta etapa serán: la visualización, el análisis de datos, técnicas de planeamiento y programación, conocimiento de proceso constructivo, así como el uso de los software: Autodesk NavisWorks, Revit suite, Microsoft Project Microsoft Excel, base de datos S10 costos y presupuesto, y S10 planeamiento y programación.

FASE 14: CÁLCULO DE PARÁMETROS DE RENTABILIDAD, MODE-

LOS 5D 1RA ITERACIÓN.

En esta fase se plantea la evaluación de los parámetros de rentabilidad mediante los modelos 5D (estimación de flujos económicos), mediante la integración y colaboración basada en redes. En esta fase los elementos de entrada INPUT, serán los siguientes: modelo de integración multi-disciplinaria por EDT compatibilizado, la programación 4D integrada al modelo (Master Plan), los trenes de actividad por frente de trabajo, metrado detallado por frente de trabajo, análisis de costos unitarios meta, mediante la interrelación de estas generamos el cronograma valorizado por tareas y el cronograma valorizado de recursos, sobre esta base elaboramos los flujos de caja; el mismo que integra el presupuesto meta de la obra con el progreso del mismo. Como el flujo de caja es un balance de ingresos/egresos por cada periodo definido (utilizar valorizaciones mensuales, de acuerdo al contrato), El resultado positivo o negativo de este análisis determinará el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto, ah esta se puede aplicar una tasa que corporativamente consideremos como mínima aceptable para considerar si un proyecto es rentable o no. Otro elemento de salida OUTPUT, serán el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR), que se define como la verdadera tasa a la cual una inversión es recuperada por los ingresos generados por un proyecto en un determinado tiempo. Para lo cual realizaremos un comparativo, con la utilidad que generalmente se ofrece a nivel contractual. La cual fue calculada de forma empírica. Y por último se obtendrá la relación costo beneficio del proyecto, que no es más que la relación entre los beneficios en el año "j" y los costos en el años "j", esta relación por lo general deberá estar por encima de la unidad.

Lo fundamental en esta fase es que se trata de un proceso iterativo, donde el cálculo de estos parámetros de rentabilidad en la primera iteración, no serán los obtenidos al final del proyecto, pero si se aproximarán a medida que se realicen más iteraciones y se resuelva principalmente los elementos variables que en una primera instancia se asumen; como sería el cálculo de rendimientos, los precios reales de los materiales

mediante cotizaciones y puesto en obra.

El recurso humano empleado para la presente fase son principalmente: gerente de proyecto, residente de obra, BIM Manager, responsables de planeamiento y control así como el ingeniero de costos. Las técnicas y herramientas a utilizar para esta etapa serán: la visualización, el análisis de datos, técnicas de planeamiento y programación, conocimiento de proceso constructivo, así como el uso de los software: Autodesk NavisWorks, Revit suite, Microsoft Project Microsoft Excel, base de datos S10 costos y presupuesto, y S10 planeamiento y programación.

FASE 15:RETRO- ALIMENTACIÓN DE INFORMACIÓN VINCULADA BIM, Y CÁLCULO DEL RESULTADO OPERATIVO MENSUAL Y ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE RENTABILIDAD ITERACIÓN "N".

En esta ultima fase de la etapa del proyecto, se plantea como proceso la retro-alimentación de la información vinculada BIM, mediante base de datos individuales integradas, para el cálculo del resultado operativo mensual y de los parámetros de rentabilidad para la iteración "N", esta fase se realizará permanentemente por lapsos determinados de tiempo (mensuales) hasta la culminación del proyecto, básicamente para llevar un control adecuado de los gastos incurridos durante la etapa de Ejecución del proyecto y realizar comparativos relacionados con los parámetros de rentabilidad calculados en la 1ra iteración, la cual tendrían que tender una tendencia lineal.

Los elementos de entrada INPUT para esta fase serán: tren de actividad, metrados, curva gauss de personal, relación de materiales por frentes de trabajo y EDT del saldo por ejecutar, egresos (costos directos e indirectos y amortizaciones), ingresos (venta contractual , adelantos, valorizaciones mensuales y reajustes por formula polinómica), y los OUTPUT serán principalmente el modelo 5D (estimación de flujos económicos actualizado), parámetros de rentabilidad del proyecto en la iteración "N" y por ultimo:

3.3. Propuesta De Implementación Para La Evaluación De La Rentabilidad De Proyectos De Inversión Pública (PIP).

el resultado operativo mensual integrada al modelo.

El recurso humano empleado para la presente fase son principalmente: gerente de proyecto, residente de obra, BIM Manager, responsables de planeamiento y control así como el ingeniero de costos.

Las técnicas y herramientas a utilizar para esta etapa serán: la visualización, el análisis de datos, técnicas de planeamiento y programación, conocimiento de proceso constructivo, así como el uso de los software: Autodesk NavisWorks, Revit suite, Microsoft Project Microsoft Excel, base de datos S10 costos y presupuesto, y S10 planeamiento y programación.

B. INVOLUCRADOS

Para la ejecución del proyecto de inversión pública demandará la participación de un equipo multi-disciplinario con conocimientos en el sistema de gestión BIM, y en el procedimiento constructivo, así como el análisis de costos y el trabajo con herramientas BIM (base de datos individuales integrados) quienes desarrollarán funciones específicas bajo los principios descritos por Sucarr (Colaboración de los modelos y la integración basada en redes) bajo la metodología descrita.

INVOLUCRADOS ETAPA DE EJECUCIÓN DEL PIP	
ENTIDAD ESTATAL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Responsable de la Unidad Ejecutora BIM ✓ SUPERVISOR
CONSULTOR	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gerente de Proyecto ✓ RESIDENTE DE OBRA ✓ BIM Manager ✓ Modeladores BIM ✓ Ingeniero de Costos y Presupuesto ✓ Ingeniero de Planeamiento y Programación ✓ Ingeniero de Oficina Técnica ✓ Ingeniero de Producción

Tabla 3.3: Involucrados de la Etapa BIM1 Y Etapa BIM 2 y su transición (Expediente Técnico)

Capítulo 4

APLICACIÓN DEL SISTEMA INTEGRAL Y EL USO DE TECNOLOGÍA BIM, PARA LA EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO DE LA I.E SAN RAMÓN.

El objetivo del presente Capítulo es la aplicación de la metodología de implementación para la Evaluación de proyectos y el cálculo de los parámetros de rentabilidad bajo el sistema de gestión integral y el usos de procedimientos, herramientas y tecnologías BIM, planteada en el capítulo anterior para un proyecto de inversión pública (PIP), bajo el sistema nacional de inversión pública (SNIP), modificada para contemplar políticas BIM como se detalló en el capítulo anterior.

Se realizará el análisis y la evaluación de un proyecto que forma parte del SNIP tradicional para la entrega de proyectos, para el cual se cambiará el enfoque y se seguirá los lineamientos planteados en la presente tesis de acuerdo al mapeo de procesos que forma parte de la implementación de acuerdo a los niveles de madurez según (Succar). Donde se seguirá cada una de las pautas descritas; obteniéndose así de acuerdo a los elementos de entrada (Imput). documentos de salida que contienen valor agregado (Ouput) y que formarán parte de la documentación contractual, para cada una de las etapas del ciclo de vida del Proyecto.

Cabe precisar: debido a que se trata de un caso de estudio se realizará el análisis en un sector del proyecto, cuyas características será representativa y cuyos resultados obtenidos, evidenciarán la problemática del proyecto en su totalidad. Y la información obtenida de dicho análisis, formara parte de los objetivos específicos planteados en la presente Tesis.

4.1. Descripción Del Proyecto

4.1.1. Características del proyecto

El proyecto en estudio es una institución educativa, que de acuerdo a las normas del sistema de inversión pública, cuenta con perfil de inversión pública y factibilidad declarado viable con código SNIP N^o 232289 y que lleva por Nombre: **”MEJORA-MIENTO DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS EDUCATIVOS DE NIVEL INICIAL, PRIMARIA, SECUNDARIA Y ALTERNATIVA DE LA I.E. SAN RAMÓN, DISTRITO DE AYACUCHO, HUAMANGA AYACUCHO”**.

La justificación para la realización del proyecto parte de la **NECESIDAD** de la po-



Figura 4.1: Modelo 3D del Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS EDUCATIVOS DE NIVEL INICIAL, PRIMARIA, SECUNDARIA Y ALTERNATIVA DE LA I.E. SAN RAMÓN" - Fuente:Propia

blación educativa que actualmente hace uso de los locales que presentan deterioro en la infraestructura existente, la cual se encuentra en estado de precariedad a consecuencia de diversos factores como: el clima, la antigüedad, el uso y la utilización de materiales de construcción no adecuados; a lo que se suma que las actuales edificaciones existentes no cumplen con las nuevas normas que establece el reglamento nacional de edificaciones relacionadas con infraestructura escolar; lo cual hace necesario la implementación de una nueva infraestructura que cumpla con los estándares educativos y normas reglamentarias vigentes y las planteadas en la presente tesis.

Como se puede apreciar en la figura 4.1 modelo 3D del proyecto, la edificación cuenta una estructura de relativa complejidad, caracterizada básicamente por no estar en un mismo nivel, ya que el terreno donde se realizara la edificación del proyecto presenta un desnivel pronunciado; donde la diferencia de Cotas desde el nivel más bajo hasta el nivel más alto donde se cimentarán la edificación es aproximadamente $+16.10m$.

Los datos generales del proyecto en estudio son los descritos en la tabla 4.1. Donde detallaremos el resumen de metas, la construcción de los 15 Pabellones que en su mayoría presentan una estructuración típica, este será el objetivo principal del proyecto, ya que en estas radica el mayor presupuesto asignado. Cabe mencionar que todas las metas descritas tienen la misma importancia, debido a que se trata de un proyecto integral.

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS EDUCATIVOS DE NIVEL INICIAL, PRIMARIA, SECUNDARIA Y ALTERNATIVA DE LA I.E. SAN RAMÓN"	
Ubicación	Alameda Bolognesi N° 754 Ayacucho-Huamanga- ayacucho
Área de Terreno	16,253.24 m2
Perímetro	559.02 ml
Área Techada	13,810.00 m2
Área Libre	9,425.41 m2
Capacidad Educativa	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 100 Alumnos Nivel inicial ✓ 1,120 Alumnos Nivel Primario ✓ 1,470 Nivel Secundario
Resumen de Metas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 15 Pabellones ✓ 79 Aulas Comunes (05 Inicial, 32 Primaria y 42 Secundaria) ✓ 03 CRT + Centro de carga ✓ 03 Laboratorios ✓ 05 Módulos de SSHH ✓ 01 Polideportivo con losa deportiva multiuso, tribuna y escenario ✓ 02 Patios / Losas deportivas ✓ 04 Portadas de ingreso01 ✓ Cerco Perimétrico ✓ Demoliciones de pabellones existentes

Tabla 4.1: Datos Generales del Proyecto

4.1.2. Determinación del proyecto y sectorización del área de estudio

Se determinó el presente proyecto "Mejoramiento De La Prestación De Servicios Educativos De Nivel Inicial, Primaria, Secundaria Y Alternativa De La I.E. San Ramón, Distrito De Ayacucho, Huamanga - Ayacucho" como campo de estudio de

la presente tesis debido a las características que presentan; ya que son las idóneas para la realización de la investigación. La decisión de llevar a cabo la implementación de la metodología para la Evaluación de Proyectos y el Cálculo de la Rentabilidad Mediante Sistemas Integrados BIM, en el proyecto mencionado, es por haber podido participar activamente de una de las etapas del proyecto (etapa de ejecución), y haber identificado una serie de problemas los cuales conllevaron a la no culminación del proyecto en los plazos establecidos inicialmente en el contrato (plazo de ejecución 330 días calendario fecha de inicio: 03 de junio del 2014-fecha de término 28 de abril del 2015), y adicionalmente generaron para la empresa contratista un sobre costo en la ejecución del proyecto por una serie de problemas identificadas y descritas más adelante, lo cual conllevaron a la insolvencia de la empresa, causando así un perjuicio para ambas partes, principalmente para el estado debido que actualmente se viene generando problemas sociales. Ya que la no culminación del proyecto genero una reducción de la oferta educativa, frente a la creciente demanda.

Principales problemas identificados en la etapa de ejecución del proyecto en estudio:

- Incompatibilidades, conflictos en los documentos contractuales en todas las especialidades (estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas, sanitarias).
- interferencias y errores de coordinación interdisciplinaria.
- Omisiones de estructuras, para la culminación de las metas.
- Falta de constructabilidad de los diseños.
- Detalles no definidos.
- Errores en la cuantificación (metrados) de las partidas.
- Inadecuado análisis de costos unitarios para la zona.

Parte de estos errores u problemas se trataron de solucionar in-situ y usualmente estos problemas son detectados justo antes de iniciar la construcción de una tarea específica, y en algunos casos , después que la tarea ha sido completada.

Todo lo descrito genera el incremento en las cuantificaciones de las partidas, y eso se suscita frecuentemente, sin poderlas identificar en tiempo y tamaño, lo cual generaba que la planificación del proyecto este supedita a los problemas descritos lo cual genera incertidumbre del tiempo de ejecución y por ende los flujos económicos calculados no reflejaban la realidad del proyecto y no se podía realizar un análisis adecuado debido al dinamismo incontrolado generado por estas.

Partiendo de los problemas y como parte de los objetivos de la presente Tesis se plantea la implementación de la presente Metodología con el fin principal de subsanar todas las deficiencias identificadas y mostrar un panorama distinto al que se dio durante la Ejecución del proyecto, ya que la hipótesis plantea que la utilización de esta metodología descrita en el acápite anterior mejora la rentabilidad de un proyecto, las cuales serán contrastadas con los datos reales que fueron obtenidos en la ejecución del proyecto.

4.1.2.1. Sectorización del área de estudio según EDT

Se determinó que se realizará el estudio en un sector del proyecto que sea representativo y que cumpla con las características principales del proyecto; en el cual se puedan aplicar todo los procesos de acuerdo al mapa de procesos y a los niveles de madurez según (Succar) y se logre cumplir con los objetivos de la presente Tesis y que los resultados evidencien la naturaleza de todo el conjunto. Esto debido al tamaño del proyecto, lo cual generaría un mayor tiempo en el modelamiento de las especialidades y ya que esta no es materia de la presente tesis se plantea el análisis y la evaluación únicamente en un sector del proyecto.

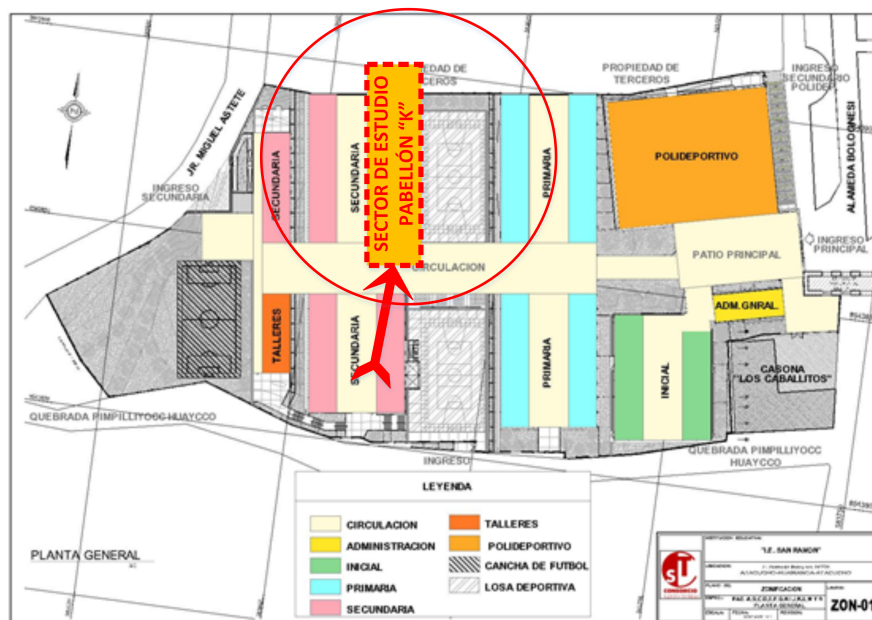


Figura 4.2: Sectorización del Proyecto- *Fuente:Propia*

Partiendo de la estructura de descomposición de trabajo que se realizó durante la ejecución del proyecto y tomando de este uno de los sectores que cumple con todas las características mencionadas para nuestro caso en estudio será el **”PABELLÓN K”**, ya que durante la etapa de ejecución se evidencio la mayoría de los problemas descritos líneas arriba. Y las metas particulares del sector, resumen en gran parte las del proyecto. Y que a continuación se detalla.

- Primer Nivel: administración (sub dirección secundaria + SH, hall, secretaría, archivo, kitchenette, SH personal, sala de coordinación), SH (alumnas y alumnos), SH profesores, SH profesoras, SH discapacitados, 02 aulas comunes, galería de circulación
- Segundo nivel: 04 aulas comunes, SH (alumnas y alumnos), SH profesores, SH profesoras, SH discapacitados, galería de circulación.
- Tercer nivel: 02 CRT + centro de carga, SH (alumnas y alumnos), SH profesores, SH profesoras, SH discapacitados, galería de circulación.

4.1.3. Documentación Contractual Del Área De Estudio

4.1.3.1. Planos contractuales.

Los planos de este proyecto y específicamente del sector, se encuentran modelados en AutoCAD, en un total de 5 especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y mobiliarios). Para lo cual no existe coordinación entre las especialidades debido a la naturaleza de la documentación.

El diseño del Pabellón cuenta con tres niveles con plantas similar, el pabellón cuenta con una junta de dilatación que divide la estructura en dos sub-sectores.

Al tener planos en *2D*, la visualización del Proyecto es casi nula, ya que al tratar de recrear imaginariamente todo el proyecto completo en *3D* quedarían demasiadas incongruencias y cosas por definir.

4.1.3.2. Presupuesto Contractual del Proyecto

El proyecto cuenta con un presupuesto global desglosado por especialidades y un presupuesto asignado por metas de acuerdo al cuadro 4.1. la cual fue elaborado en el mes de noviembre del 2013.

Para el caso en estudio y como se vio en la sección de la sectorización del proyecto de acuerdo al EDT y a los frentes de trabajo, para obtener una muestra representativa para realizar el análisis correspondiente. Se considera el presupuesto asignado al Pabellón "k" de acuerdo a las metas descritas. En el cuadro 4.2 se describe el presupuesto del todo el proyecto que corresponde el 100% de la población de estudio, y en los siguientes cuadros 4.3 y 4.4 se describe el presupuesto asignado al sector en estudio de acuerdo a las especialidades, y se muestra la incidencia de cada una de ellas frente al presupuesto de todo el proyecto, obteniéndose así que el sector en estudio representa el 6.79% de la población a nivel presupuestal, lo cual se considera adecuado, ya que esta cuenta con las características del proyecto.

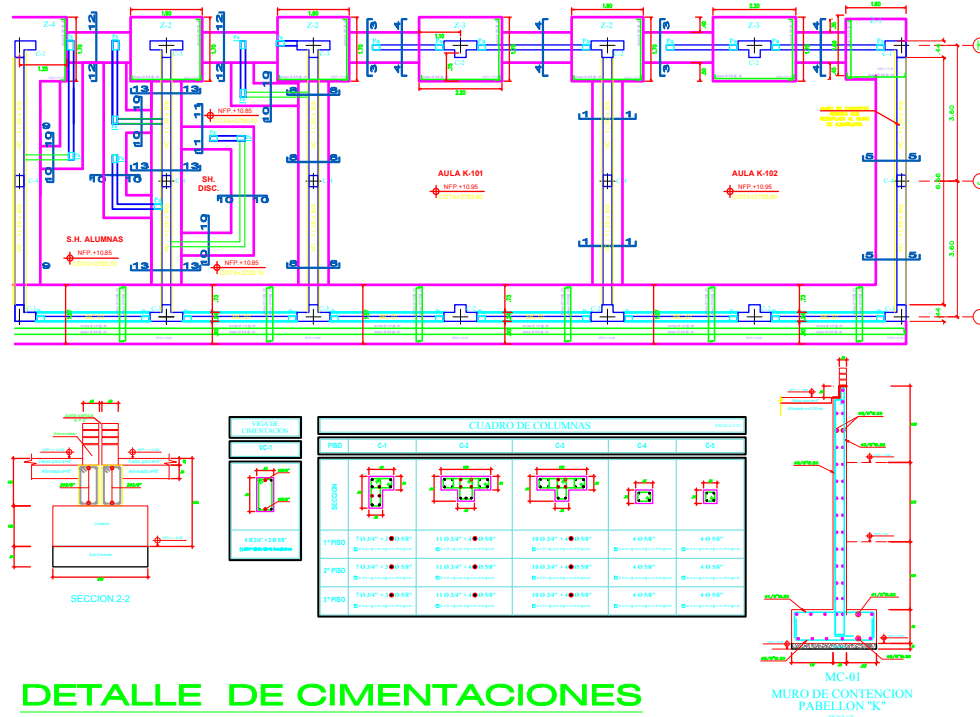
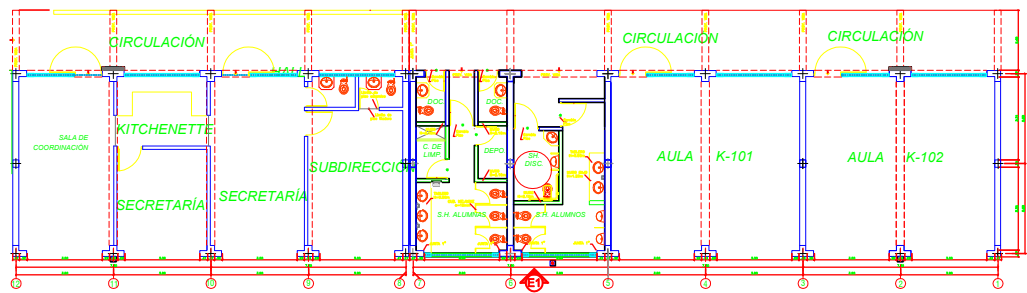
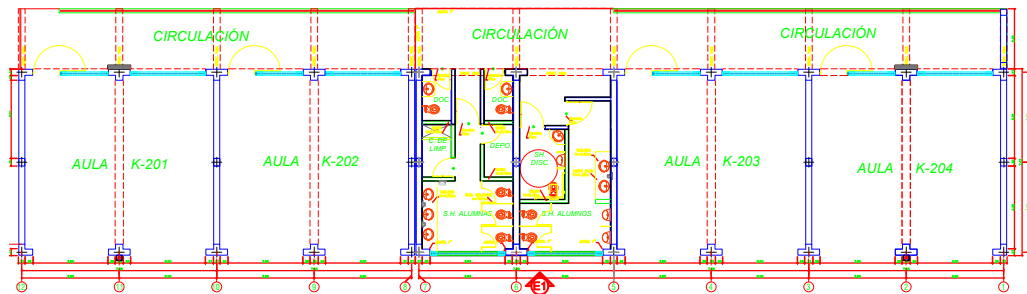


Figura 4.3: Planos Contractuales de Estructuras- Fuente:Propia



PRIMERA PLANTA



SEGUNDA PLANTA

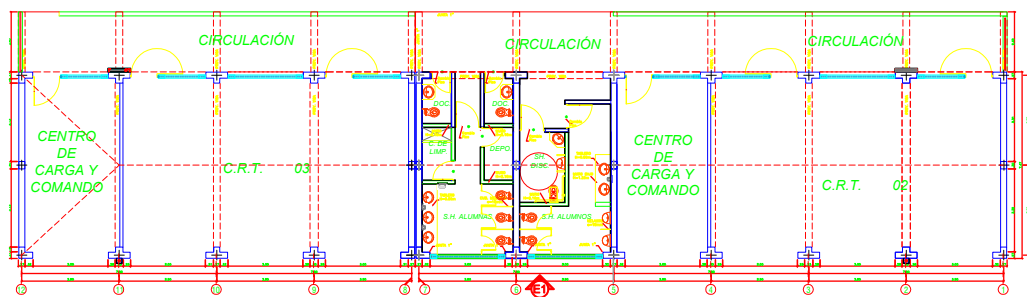


Figura 4.4: Planos Contractuales de Arquitectura- Fuente:Propia

PRESUPUESTO CONTRACTUAL DEL PROYECTO		
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS EDUCATIVOS DE LA IE SAN RAMÓN		
LUGAR:	AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO	
ITEM	Descripción	Parcial (S/.)
001	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES. SEGURIDAD Y SALUD	2,013,985.12
002	PRESUPUESTO ESTRUCTURA	8,878,392.73
003	PRESUPUESTO ARQUITECTURA	6,859,740.62
004	PRESUPUESTO INSTALACIONES SANITARIAS	875,359.63
005	PRESUPUESTO INSTALACIONES ELÉCTRICAS	1,853,517.50
006	PRESUPUESTO MOBILIARIO	2,216,100.45
=====		
	COSTO DIRECTO	22,697,096.05
	GASTOS GENERALES 10%	2,269,709.61
	UTILIDAD 10%	2,269,709.61

	SUBTOTAL	27,236,515.26
	IGV 18%	4,902,572.75
		=====
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRACTUAL	32,139,088.01
son: treinta y dos millones ciento treinta y nueve mil ochenta y ocho y 01/100 n.s		

Tabla 4.2: Presupuesto Contractual del Proyecto

4.1.3.3. Especificaciones Técnicas del Proyecto

Éstas son muy importantes para el modelado BIM, debido a que en el Modelo BIM, no solo es un 3D sino son elementos paramétricos que contienen la información del proyecto, ya sean de materiales, características, etc. Las especificaciones técnicas son necesarias a la hora de realizar un correcto cuadro de metrados BIM (hojas de planificación para la cuantificación de partidas, ya que estos servirán de filtro a la hora de realizar y ejecutar el cuadro de metrados .

Estas especificaciones son extraídas de los documentos contractuales del proyecto y esas descritas de acuerdo a las Especialidades, para este caso serán las siguientes (especificaciones técnicas de: estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas, sanitarias

PRESUPUESTO CONTRACTUAL DEL SECTOR "K" SEGÚN EDT		
PROYECTO: PABELLÓN K- EDT (SECUNDARIA)		
LUGAR:	AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO	
ITEM	Descripción	Parcial (S/.)
002	PRESUPUESTO ESTRUCTURA	524,415.39
003	PRESUPUESTO ARQUITECTURA	571,113.29
004	PRESUPUESTO INSTALACIONES SANITARIAS	88,162.81
005	PRESUPUESTO INSTALACIONES ELÉCTRICAS	179,322.88
006	PRESUPUESTO MOBILIARIO	178,175.90
=====		
	COSTO DIRECTO	1,541,190.28
	GASTOS GENERALES 10%	154,119.03
	UTILIDAD 10%	154,119.03
		—
	SUBTOTAL	1,849,428.33
	IGV 18%	332,897.10
		=====
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRACTUAL	2,182,325.43
son: dos millones ciento ochenta y dos mil trescientos veinticinco y 43/100 n.s		

Tabla 4.3: Presupuesto Contractual del sector "K" según EDT

y mobiliarios). Desglosadas en cada una de las partidas, las cuales serán refrendadas en cada uno de los elementos del modelo.

4.2. MODELADO BIM-3D (CONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL EDIFICIO)

De acuerdo a los procedimientos descritos en el capítulo anterior, y para la aplicación del proyecto en estudio; como primer paso procederemos a elaborar los modelos paramétricos de cada una de las especialidades, del sector en estudio "Pabellón K-EDT secundaria", la cual cuenta con planos en 2D de las siguientes especialidades: estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias y mobiliarios con sus

PRESUPUESTO CONTRACTUAL COMPARATIVO DE LA INCIDENCIA DEL SECTOR				
PROYECTO: PABELLÓN K- EDT (SECUNDARIA)-PROYECTO				
LUGAR: AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO				
ITEM	Descripción	SECTOR (S/.)	PROYECTO (S/.)	% de incidencia
001	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES. SEGURIDAD Y SALUD	0.00	2,013,985.12	0.00%
002	PRESUPUESTO ESTRUCTURA	524,415.39	8,878,392.73	5.91%
003	PRESUPUESTO ARQUITECTURA	571,113.29	6,859,740.62	8.33%
004	PRESUPUESTO INSTALACIONES SANITARIAS	88,162.81	875,359.63	10.07%
005	PRESUPUESTO INSTALACIONES ELÉCTRICAS	179,322.88	1,853,517.50	9.67%
006	PRESUPUESTO MOBILIARIO	178,175.90	2,216,100.45	8.04%
=====				
	COSTO DIRECTO	1,541,190.28	22,697,096.05	6.79%

Tabla 4.4: Presupuesto Contractual comparativo de la incidencia del sector

respectivas especificaciones técnicas. Para lograr un procedimiento idóneo y obtener los elementos de salida inherentes a esta etapa se sugiere tomar en cuenta los siguientes criterios de modelamiento paramétrico.

- Modelar de acuerdo al procedimiento constructivo: es decir el responsable técnico de esta etapa (modeladores BIM) en coordinación con: el residente de obra, el BIM Manager y los especialistas, deberán de plasmar en el modelo el proceso real constructivo de cada una de las especialidades respetando la secuencia (inicio-fin).
- Respetar las restricciones del software a usar, evaluar los errores por temas de desencajonamiento, compatibilidad o sobre puestos, ya que al ser paramétrico si obviamos estas advertencias, esto se verá reflejado en el cuadro de cuantificación de las partidas.
- Listar las incompatibilidades halladas dentro de cada una de las especialidades, ya que al realizar la construcción virtualmente, permite la identificación y su

corrección, mediante coordinación con los especialistas, este proceso se dará en principio aisladamente por cada una de las especialidades.

- Referenciar el proyecto mediante coordenadas UTM, de acuerdo a los Bench Mark, se pueden definir coordenadas locales para cada uno de los frentes de trabajo y sectores del proyecto, para facilitar la información durante la etapa de ejecución del proyecto y su fácil modelado.
- Vincular cada uno de los elementos a los niveles y coordenadas del proyecto. Esto permitirá la elaboración de los modelos de cada uno de los sectores de trabajo por separado, y al momento de realizar la integración de cada una de estas, no se verán afectadas por superposición.
- Crear todas las familias de los elementos según las partidas y especificaciones técnicas, para tener identificado y vinculado a cada una de estas, principalmente en las cuantificaciones.

4.2.1. MODELADO SEGÚN ESPECIALIDADES.

A. ESTRUCTURAS.

En principio se parte referenciando la ubicación mediante coordenadas UTM, y definiendo los niveles. El inicio del modelado empieza con la especialidad de estructura, claro esta teniendo como referencia la cabida arquitectónica. Con la cual se diseñaron cada uno de los elementos estructurales.

Se tiene que enfocar en que cada uno de las partidas estén plasmadas en el modelo y que cada uno de estos elementos paramétricos deberán contener la información necesaria, para poder: ser identificado, cuantificado, vinculado, y brindar información. Para este caso se partirá la modelación de los elementos, partiendo del movimiento de tierras, las obras de concreto simple, obras de concreto armado; empezando por los

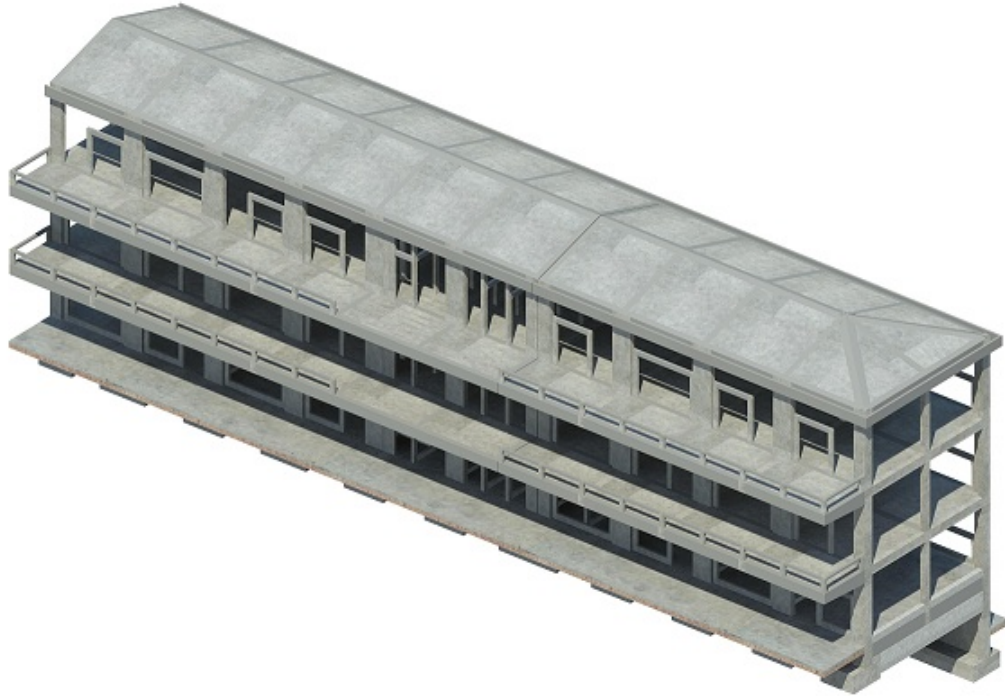


Figura 4.5: Modelamiento de Estructuras(vista frontal)- *Fuente:Propia*

elementos verticales, luego elementos horizontales, piso a piso. En Las figuras 4.5 y 4.6 se muestra el modelamiento de los elementos de concreto simple y armado en vistas frontal y posterior respectivamente.

B. ARQUITECTURA.

Una vez terminado por lo menos un nivel del modelamiento de la especialidad de estructuras y esta se encuentre con una primera revisión eliminando parte de las incompatibilidades encontradas mediante la construcción virtual y las coordinaciones con cada uno de los especialistas, esta se puede vincular mediante base de datos físicos u virtuales enlazándolas a cada uno de los colaboradores mediante redes computacionales, para poder permitir que se continúe el trabajo mediante sistemas integrados. Y poder así tener en tiempo real la actualización de las modificaciones que se puedan llegar a realizar en la continuación del modelamiento de la especialidad de estructuras. Y evitar con premura las incompatibilidades interdisciplinaria que se



Figura 4.6: Modelamiento de Estructuras (vista posterior)- *Fuente:Propia*

podría llegar a dar, si se trabajase aisladamente.

El procedimiento de modelado se da de la misma forma, en la que se realizo la especialidad de estructuras, enfocándonos que cada uno de los elementos sean paramétricos. Para el modelamiento de elementos que están conformados por una serie de capas, se tiene que tener cuidado en que cada una de ellas este representada por un elemento, y que no forme parte de otro; como por ejemplo: Muros de Albañilería, revestimiento y pintura, ya que la ejecución de cada una de ellas se da en tiempos diferentes. De la misma forma se tiene que tener en cuenta el procedimiento constructivo que se tendrá y así poder diferenciar los elementos por niveles. En al figura 4.7 y 4.8 se observa el modelo arquitectónico en las vistas frontal y posterior.

C. INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS.

Previo al modelamiento de las especialidades de instalaciones sanitarias y eléctricas, tal

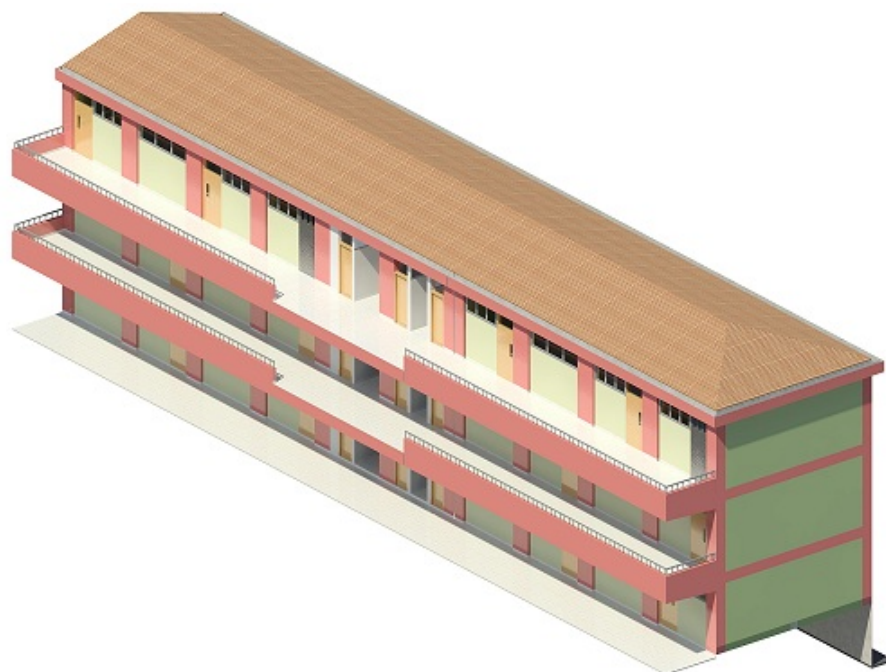


Figura 4.7: Modelamiento de Arquitectura (vista posterior)- *Fuente:Propia*

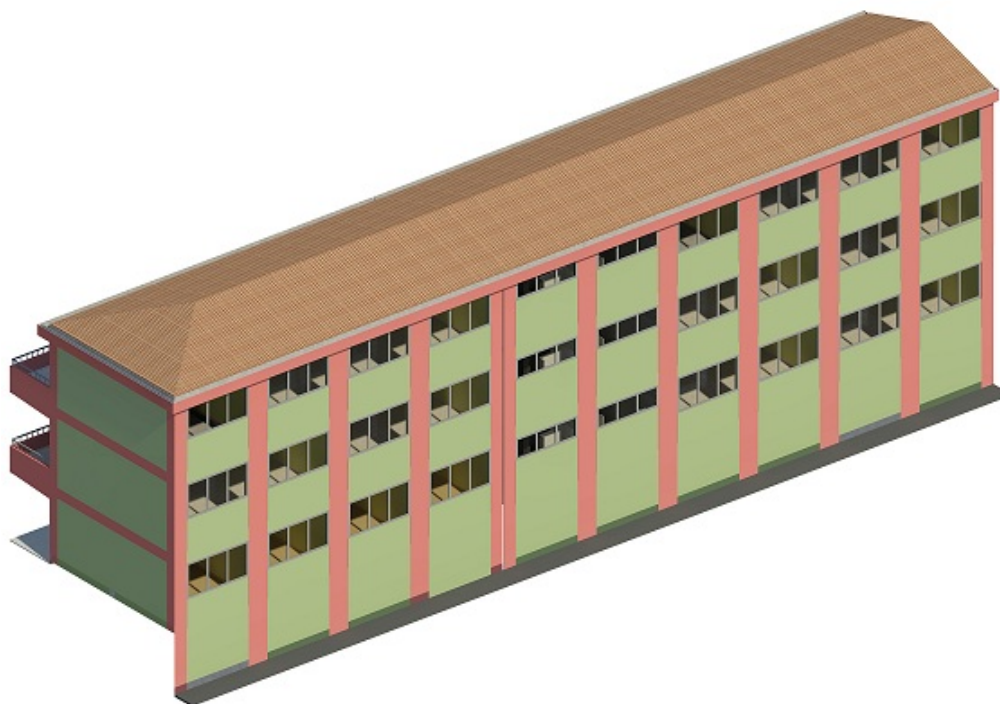


Figura 4.8: Modelamiento de Arquitectura (vista frontal)- *Fuente:Propia*

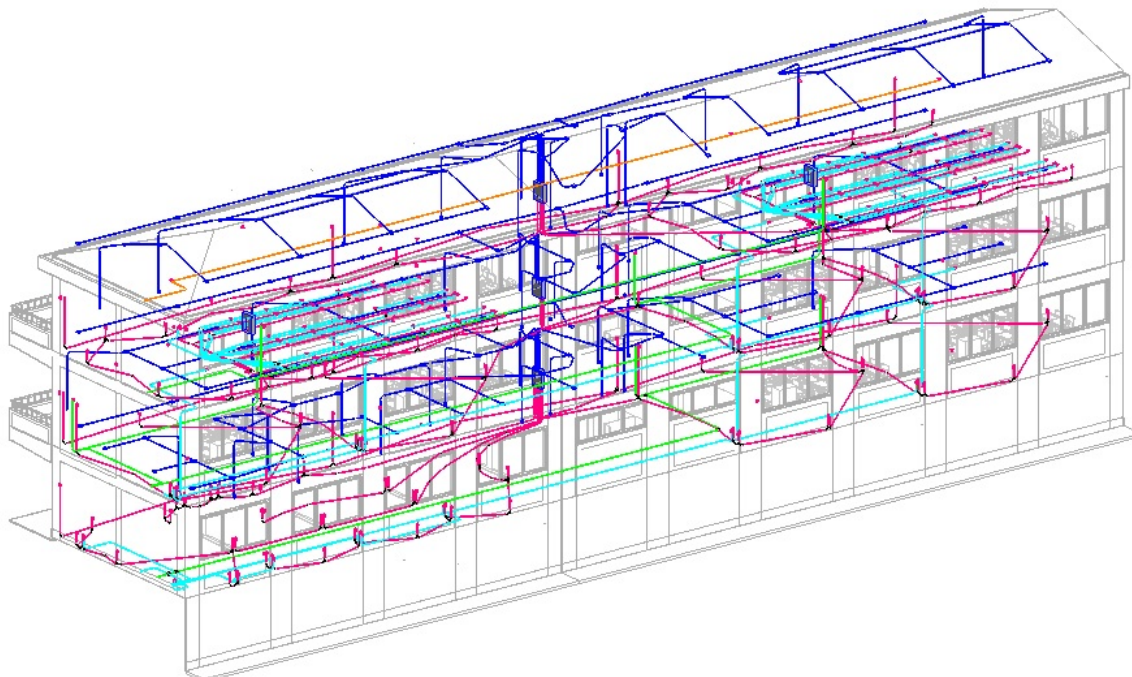


Figura 4.9: Modelamiento de Instalaciones Eléctricas (componentes)- *Fuente:Propia*

como se describió en el mapa de procesos del capítulo anterior; primeramente se deberá de realizar el análisis de incompatibilidades de estructura y arquitectura, posteriormente se procederá a las sesiones interdisciplinarias, para realizar las correcciones respectivas y tener modelos paramétricos libre de errores, para lo cual estas servirán de base u plantilla para realizar el modelado de las demás especialidades, como en este caso. A continuación se describe particularidades de cada modelo.

- Para el caso de la especialidad de instalaciones eléctricas y tal como se muestra en la figura 4.9, se puede observar que adicionalmente a los parámetros técnicos inherentes al modelo, se adiciona características visuales para la correcta diferenciación de cada uno de los componentes; para lo cual se considero, para las luminarias un color azul, para los tomacorrientes rojo, para el cable UTP celeste, para cable de TV verde y para sistema contra incendios naranja, colores característicos de cada uno de los componentes.
- Para el caso de la especialidad de instalaciones sanitarias, se procedió de la

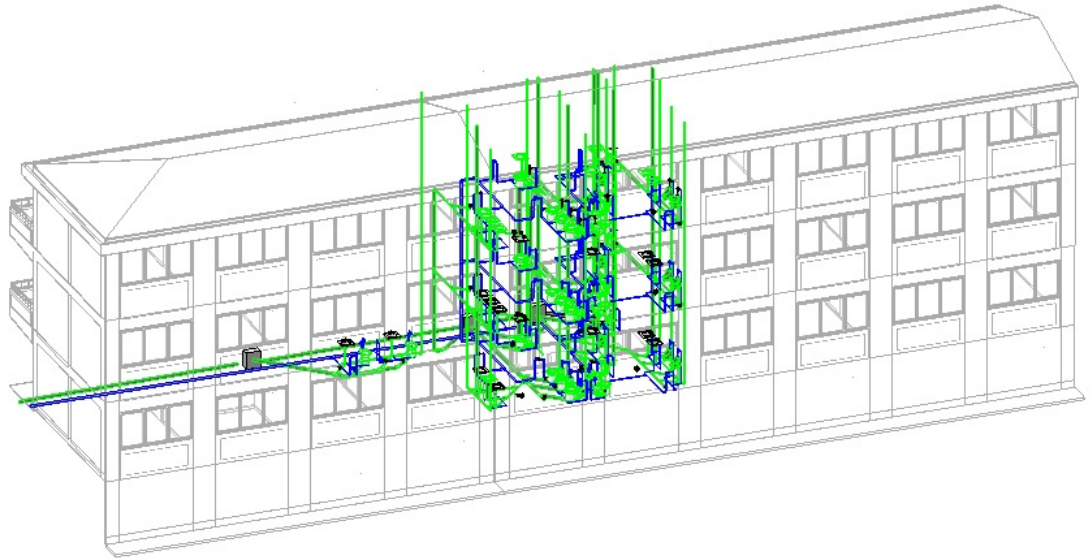


Figura 4.10: Modelamiento de Instalaciones Sanitarias (componentes)- *Fuente:Propia*

misma forma que el anterior, en la cual se subdividen en dos componentes, el sistema de desagüe con un color verde y el sistema de agua potable fría con un color azul. Y los aparatos y accesorios adoptan cada una de estas características.

D. MOBILIARIOS Y EQUIPAMIENTO.

Para este caso se vincula los modelos de Arquitectura e instalaciones Eléctricas, para su adecuada ubicación, adicionalmente de generarse el modelo de mobiliarios propio de esta etapa, también se generarán modelos de detalles, para su posterior fabricación y coordinación directa con los proveedores y contratistas encargados de este proceso. En la figura 4.18 se presenta los mobiliarios que formarán parte del sector en estudio.

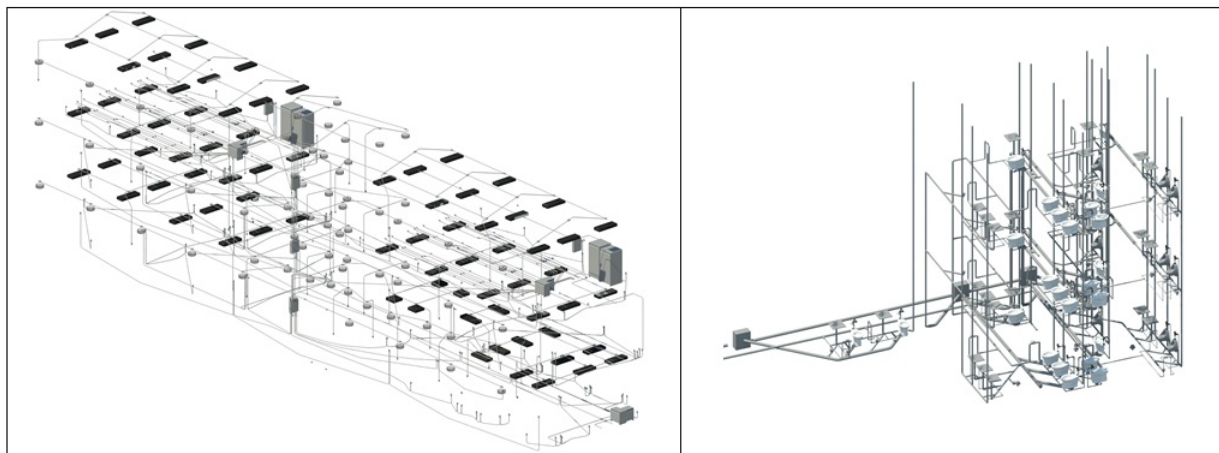


Figura 4.11: Render de Instalaciones Eléctricas y Sanitarias - *Fuente:Propia*

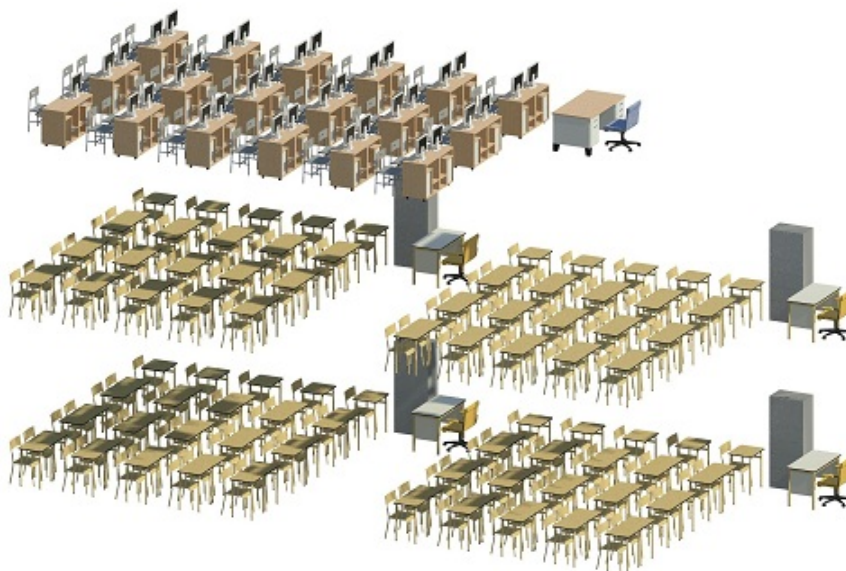


Figura 4.12: Modelamiento y Render de Mobiliarios- *Fuente:Propia*

4.2.2. SECUENCIA DE MODELADO PARA LA INTEGRACIÓN INTERDISCIPLINARIA.

Como ya se mencionó cada uno de los modelos parte de una secuencia, de acuerdo a los procedimientos descritos en el capítulo anterior, se tiene que tener dos criterios fundamentales:

- El proceso de modelado deberá de seguir la secuencia constructiva empleada para la ejecución del proyecto, y cada partida deberá de estar representada en el modelo mediante un elemento paramétrico con información que contenga las especificaciones técnicas y descripción característica del elemento de acuerdo al tipo, piso y sector que representa. Y estas deberán de estar geo-referenciadas mediante coordenadas UTM, globales y locales , obtenidas de los Bench Mark del proyecto, teniendo como referencia el norte magnético y el norte del proyecto, que en muchos casos tendrán direcciones diferentes, para lo cual se contara con el ángulo azimutal entre estos para su conversión de coordenadas locales a globales y viceversa.
- El punto de partida será el modelamiento de la especialidad de estructura, una vez que se obtenga por lo menos el modelado de un piso de la especialidad y realizando las correcciones respectivas, se procederá ah enlazar y vincular este al modelo de arquitectura, para proceder con el respectivo modelamiento de los elementos paramétricos, estos trabajos tienen q estar direccionados y gestionados por el BIM Manager quien será el encargado de absolver las consultas y/u observaciones y coordinar constantemente la integración de estos modelos mediante el uso de software BIM para poder realizar el control respectivo de los avances y filtrado para la eliminación de interferencias. Una vez terminado con los modelos de arquitectura y estructura y haciendo las correcciones respectivas se procede a realizar el modelamiento de las demás especialidades. En la figura 4.13 nos mues-

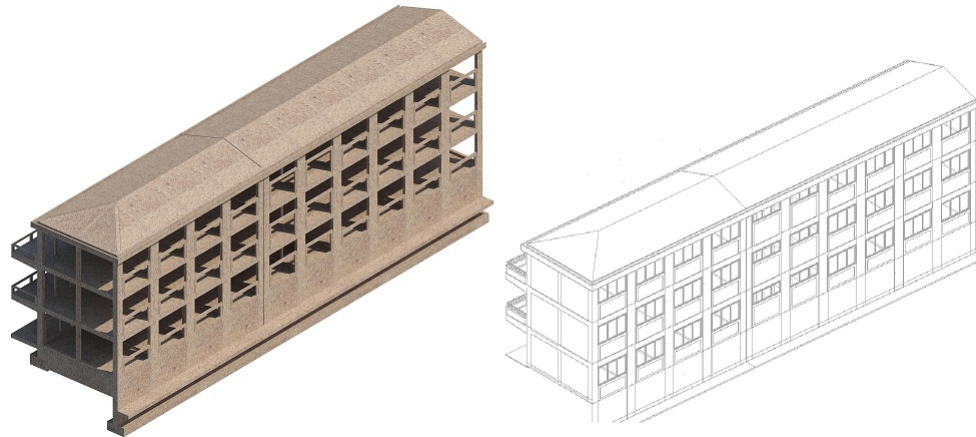


Figura 4.13: Vinculación para modelamiento interdisciplinario- *Fuente:Propia*

tra los moldes empleados una vez vinculado con los modelos de estructuras y arquitectura respectivamente.

4.2.3. PROCEDIMIENTO PARA DETECCIÓN DE DEFICIENCIAS DE DISEÑO E INTERFERENCIAS .

La detección de deficiencias de diseño e interferencias se realizara en varias fases durante la etapa del modelado e integración, la cual está basada principalmente en el criterio técnico y visual de los modeladores BIM y BIM Manager conjuntamente con la coordinación interdisciplinaria de los diferentes especialistas; apoyados estos en el uso de la tecnología BIM, ya que con las herramientas que cuentan estos softwares como es el caso del Revit Suite y el Autodesk Naviswork, facilitan la identificación de estas.

- La primera fase para la detección de deficiencias de diseño es durante el modelamiento de los elementos paramétricos mediante la secuencia del proceso constructivo, donde visualmente podremos identificar las principales deficiencias de diseño, como es el caso de: planos de diseño e ingeniería incompleto, errores u omisiones en los planos, la documentación de diseño inconsistente (planos vs especificaciones

4.2. MODELADO BIM-3D (CONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL EDIFICIO)

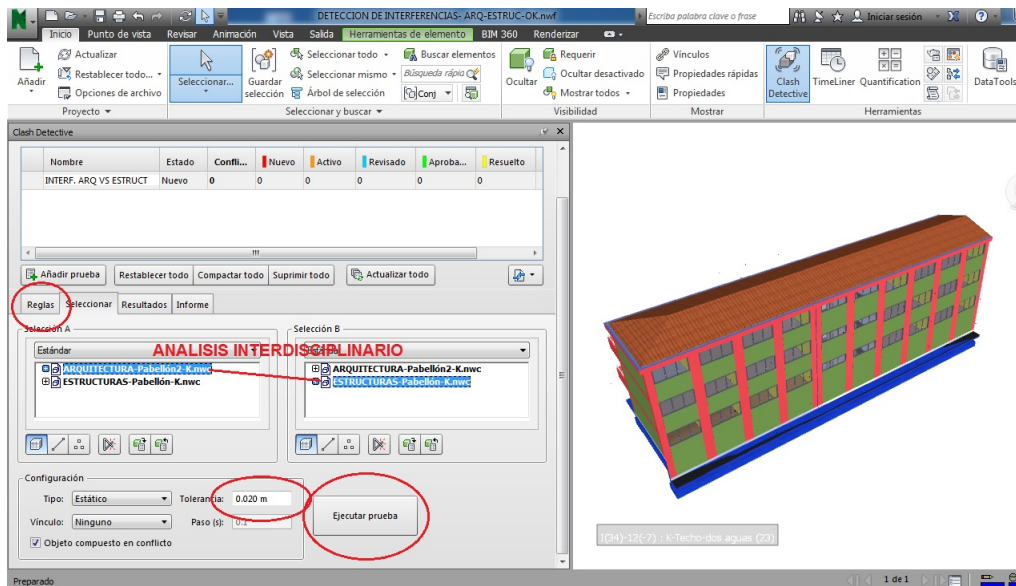


Figura 4.14: Análisis de interferencia Arq. vs Estructura- Fuente:Propia

técnicas) y otros. E aquí donde se identificarán la mayor cantidad de deficiencias de la documentación contractual.

- Como segunda fase o filtro para la detección de deficiencias principalmente para el caso de interferencias por especialidades y multi-disciplinario será mediante la utilización de la herramienta Clash Detective, del software BIM Autodesk Naviswork, cuya configuración de parámetros de evaluación basados en el criterio técnico del gestor del análisis, permitirá la identificación de las interferencias; además de llevar el registro y control del levantamiento de las observaciones por los responsables de cada caso en particular; mediante un sistema integrado y el uso de base de datos, donde se almacenarán todas las correcciones y que estarán a la disponibilidad de los involucrados. Como se muestra en la figura 4.14 el responsable del análisis tendrá que configurar los parámetros de evaluación y establecer reglas pertinentes para un adecuado análisis. Posteriormente el software BIM genera los informes de incompatibilidades automáticamente. Tal cual se muestra en la figura 4.15, donde se resalta las casillas donde nos brinda toda la información del análisis, como el número total de interferencias encontrados, el estado de cada

INTERF. ARQ VS ESTRUCT		Tolerancia	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	Tipo	Estado
		0.020m	72	14	0	2	33	23	Estático	Aceptar

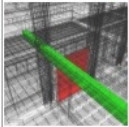
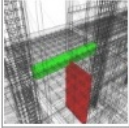
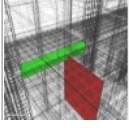
Imagen	Nombre de conflicto	Estado	Asignado a	Fecha de aprobación	Aprobado por	Punto de conflicto	Elemento 1		Elemento 2	
							ID de elemento	Capa	ID de elemento	Capa
	Conflicto1	Aprobado	ARQUITECTO	2016/6/24 03:55.16	CASA	x:-113.941, y:-8.394, z:14.050	ID de elemento: 401244	K-NPT- 1er Piso	ID de elemento: 388964	K-NPT- 2do piso
	Conflicto2	Aprobado	MODELADOR BIM	2016/6/24 03:55.20	CASA	x:-113.784, y:-8.417, z:14.050	ID de elemento: 401146	K-NPT- 1er Piso	ID de elemento: 388964	K-NPT- 2do piso
	Conflicto3	Nuevo	ARQUITECTO			x:-114.015, y:1.601, z:13.800	ID de elemento: 493535	K-NPT- 1er Piso	ID de elemento: 389900	K-NPT- 2do piso
	Conflicto4	Revisado	MODELADOR BIM			x:-114.375, y:-1.777, z:13.800	ID de elemento: 490139	K-NPT- 1er Piso	ID de elemento: 389902	K-NPT- 2do piso

Figura 4.15: Informe de Interferencias - Fuente:Propia

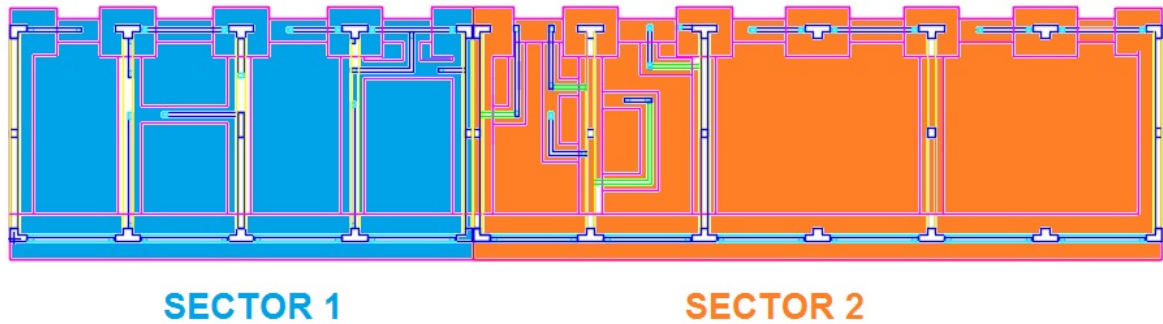
uno de ellos, el ID de los elementos, la asignación del responsable entre otros.

- Una vez realizado el análisis de interferencias entre las especialidades de arquitectura y estructuras y realizado las correspondientes correcciones, se procede a realizar el mismo procedimiento entre las demás especialidades con los modelos base que son arquitectura y estructuras, tal y como se muestra en la figura 4.16. donde se detallan el análisis realizado entre las especialidades, el número de conflictos encontrados, y el número de conflictos nuevos, activos, revisado, resuelto, y aprobados.

4.3. MODELADO BIM-4D (PLANEAMIENTO)

4.3.1. Planificación Según Lean Construction

Para la planificación en 4D, se tiene que tener tres factores primordiales: el primero el modelo parametrizados BIM, la segunda la planificación, y por último la integración

Figura 4.17: Sectorización- *Fuente:Propia*Figura 4.18: Codificación de elemento- *Fuente:Propia*

sectorización del frente en dos sectores tal como se muestra en al figura 4.17.

B. TREN DE ACTIVIDADES

Teniendo como base la sectorización del frente, se determina la codificación de los elementos del modelo de acuerdo a la figura 4.18. donde se observa que el primer ítem indica el código de la partida, luego el sector, el número de piso y el frente de trabajo, dicha nomenclatura se inserto dentro de los parámetros del modelo 3D.

El tren de actividades está delimitado por la cantidad de metrado, el rendimiento por 8h de cada cuadrilla, el número de cuadrillas. Y teniendo como base la sectorización se asignará un día o dos para cada actividad, solo limitados por criterios técnicos de constructibilidad. Para lo cual en nuestro caso se obtiene que el primer vaciado de losa del primer piso, se realiza a los 20 días de empezado los labores, y el piso dos y tres cada 15 días, con esta información se puede estipular mediante hitos, la culminación de

4.3. MODELADO BIM-4D (PLANEAMIENTO)

<02.03.07.03 COLUMNAS.-ACERO f _u =4200 kg/cm ² >							
A	B	C	D	E	F	G	H
ITEM	DESCRIPCION	Familia y tipo	UND	CANT	DIMENSIONES		
					LONGITUD	DIAMETRO	PESO
02.03.07.0	COLA-S1-P1-K	Barra de armadur	KG	263	1919.73	9.50	1072.45
02.03.07.0	COLA-S1-P1-K	Barra de armadur	KG	82	731.61	15.90	1144.89
02.03.07.0	COLA-S1-P1-K	Barra de armadur	KG	136	1225.42	19.10	2767.21
COLA-S1-P1-K: 481				481	3876.75		4984.54
02.03.07.0	COLA-S1-P2-K	Barra de armadur	KG	200	1214.09	9.50	678.25
02.03.07.0	COLA-S1-P2-K	Barra de armadur	KG	26	166.94	15.90	261.25
02.03.07.0	COLA-S1-P2-K	Barra de armadur	KG	65	416.87	19.10	941.36
COLA-S1-P2-K: 291				291	1797.90		1880.86
02.03.07.0	COLA-S1-P3-K	Barra de armadur	KG	199	1254.77	9.50	700.97
02.03.07.0	COLA-S1-P3-K	Barra de armadur	KG	58	271.46	15.90	424.81
02.03.07.0	COLA-S1-P3-K	Barra de armadur	KG	73	306.06	19.10	691.14
COLA-S1-P3-K: 330				330	1832.29		1816.92
02.03.07.0	COLA-S2-P1-K	Barra de armadur	KG	152	1113.33	9.50	621.96
02.03.07.0	COLA-S2-P1-K	Barra de armadur	KG	34	305.79	15.90	478.54
02.03.07.0	COLA-S2-P1-K	Barra de armadur	KG	90	811.06	19.10	1831.51
COLA-S2-P1-K: 276				276	2230.18		2932.01
02.03.07.0	COLA-S2-P2-K	Barra de armadur	KG	133	822.14	9.50	459.28
02.03.07.0	COLA-S2-P2-K	Barra de armadur	KG	18	115.58	15.90	180.87
02.03.07.0	COLA-S2-P2-K	Barra de armadur	KG	47	301.43	19.10	680.68
COLA-S2-P2-K: 198				198	1239.14		1320.83
02.03.07.0	COLA-S2-P3-K	Barra de armadur	KG	126	804.65	9.50	449.51
02.03.07.0	COLA-S2-P3-K	Barra de armadur	KG	27	103.96	15.90	162.69
02.03.07.0	COLA-S2-P3-K	Barra de armadur	KG	40	167.72	19.10	378.74
COLA-S2-P3-K: 193				193	1076.33		990.94

Figura 4.20: Cuantificación elemento (Columna-Acero)- Fuente:Propia

The image shows two side-by-side screenshots of software project navigators. The left window is titled 'Navegador de proyectos - ESTRUCTURAS-Pabellón-K-TESIS' and the right window is titled 'Navegador de proyectos - ARQUITECTURA-Pabellón2-K-TESIS'. Both windows show a tree view of project items under 'Vistas (todo)'. The left window lists items such as 'NIVELACION INTERIOR Y APISONADO C/EQ L', 'AFIRMADO DE 8" PARA PISOS INTERIORES Y', 'CIMENTO CORRIDO 110 +30% PG', 'CIMENTO CORRIDO 112 +30% PG', 'SOLADO E 4" DE CIMENTO Y ZAPATAS CH11', 'SOBRECIMENTOS CONCRETO CH18 25% PM', 'SOBRECIMENTOS, ENCOFRADO Y DESENCOF', 'FALSO PISO MEZCLA 18 e 4"', 'SOBRECIMIENTO REFORZADO.- CONCRETO F', 'SOBRECIMIENTO REFORZADO-ENCOFRADO Y', 'SOBRECIMIENTO REFORZADO-ACERO f_y=42', 'ZAPATAS.-CONCRETO f_c=210kg/cm²', 'ZAPATAS.-ACERO f_u=4200 kg/cm²', 'VIGA DE CIMENTACION.- CONCRETO f_c=210', 'VIGA DE CIMENTACION.- ENCOFRADO Y DESE', 'VIGA DE CIMENTACION.- ACERO f_y=210kg/c', 'MURO DE CONTENCIÓN.- CONCRETO F C 210', 'MURO DE CONTENCIÓN-ENCOFRADO Y DESE', 'MURO DE CONTENCIÓN-ACERO f_y=4200 kg', 'PLACAS.- CONCRETO F C 210KG/CM2', 'PLACA-ENCOFRADO Y DESENCOFRADO', 'PLACA-ACERO f_y=210kg/cm²', 'COLUMNAS.- CONCRETO f_c=210kg/cm²', 'COLUMNAS.- ENCOFRADO Y DESENCOFRADO', 'COLUMNAS.-ACERO f_u=4200 kg/cm²'. The right window lists items such as 'MURO DE LADRILLO KK TIPO IV CABEZA M114 E', 'MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA M114 E 1.', 'TARRAJEO DE MUROS INT. FROTACHADO MEZ C', 'TARRAJEO DE MUROS EXT. FROTACHADO MEZ C', 'TARRAJEO EN PLACAS MEZ CA 14 e=1.5cm', 'TARRAJEO EN COLUMNAS MEZ CA 14 e=1.5cm', 'TARRAJEO EN VIGAS MEZ CA 14 e=1.5cm', 'TARRAJEO EN VIGAS MEZ CA 14 e=1.5cm-2', 'TARRAJEO EN CANALETA MEZ CA 14 e=1.5cm', 'TARRAJEO EN CANALETA MEZ CA 14 e=1.5cm-', 'CUNETAS DE MORTERO CON IMPERMEABILIZANT', 'VESTIDURA DE DERRAME MEZ CA 14 e=1.5cm', 'VESTIDURA DE DERRAME MEZ CA 14 e=1.5cm-2', 'CIELO RASO CON MEZCLA CA 14 E=1.5cm', 'CONTRAPISO e=4.0 cm', 'PISO CERAMICO 60x60cm ANTIDESLIZANTE C', 'PISO CERAMICO 40x40cm ANTIDESLIZANTE C', 'PISO CERAMICO 30x30cm ANTIDESLIZANTE C', 'PISO CERAMICO DE MADERA MACHIHEMBRA', 'VEREDA DE CEMENTO PULIDO Y BRUÑADO E=2"', 'ZOCALO DE CEMENTO f_c=175 kg/cm² e=10', 'ZOCALO DE CERAMICO 20x30 cm', 'CONTRAZOCALO DE CEMENTO PULIDO H =0', 'CONTRAZOCALO DE CEMENTO PULIDO H =0', 'CONTRAZOCALO DE CERAMICO DE 60X60cm'.

Figura 4.21: Cuantificación del modelo de Arquitectura y Estructuras- Fuente:Propia

4.3.3. BIM como herramienta de visualización.

Luego de tener los modelos paramétricos 3D, la cuantificación de los elementos, y el diagrama de barras de la ejecución (tren de actividades), utilizando los datos que proporciona el software Revit Suite de cada uno de las especialidades, y el diagrama de barras proporcionado por Microsoft Project, mediante el software BIM Autodesk Naviswork Manage se generan un video del proceso constructivo, de acuerdo al sistema Last Planner.

4.4. MODELO BIM-5D (ESTIMACIÓN DE FLUJOS ECONÓMICOS).

4.4.1. Presupuesto Meta por frente de trabajo.

Se elaboró el presupuesto meta del Sector, en función de un nuevo análisis de costos unitarios, los cuales fueron estipulados con costos reales de los materiales que ingresaron al proyecto, con la medición de la productividad mediante cartas balance, que también fueron proporcionados por el proyecto para el cálculo de los rendimientos. Y afectado por las cuantificaciones de los elementos de cada una de las especialidades, proporcionadas por el modelo BIM-3D.

En la tabla 4.6 observamos que el presupuesto meta, se encuentra por encima del contractual, esto es debido a los errores en los metrados para la determinación del presupuesto contractual, que generaron adicionales no previsto, durante la ejecución del proyecto.

4.4. MODELO BIM-5D (ESTIMACIÓN DE FLUJOS ECONÓMICOS).

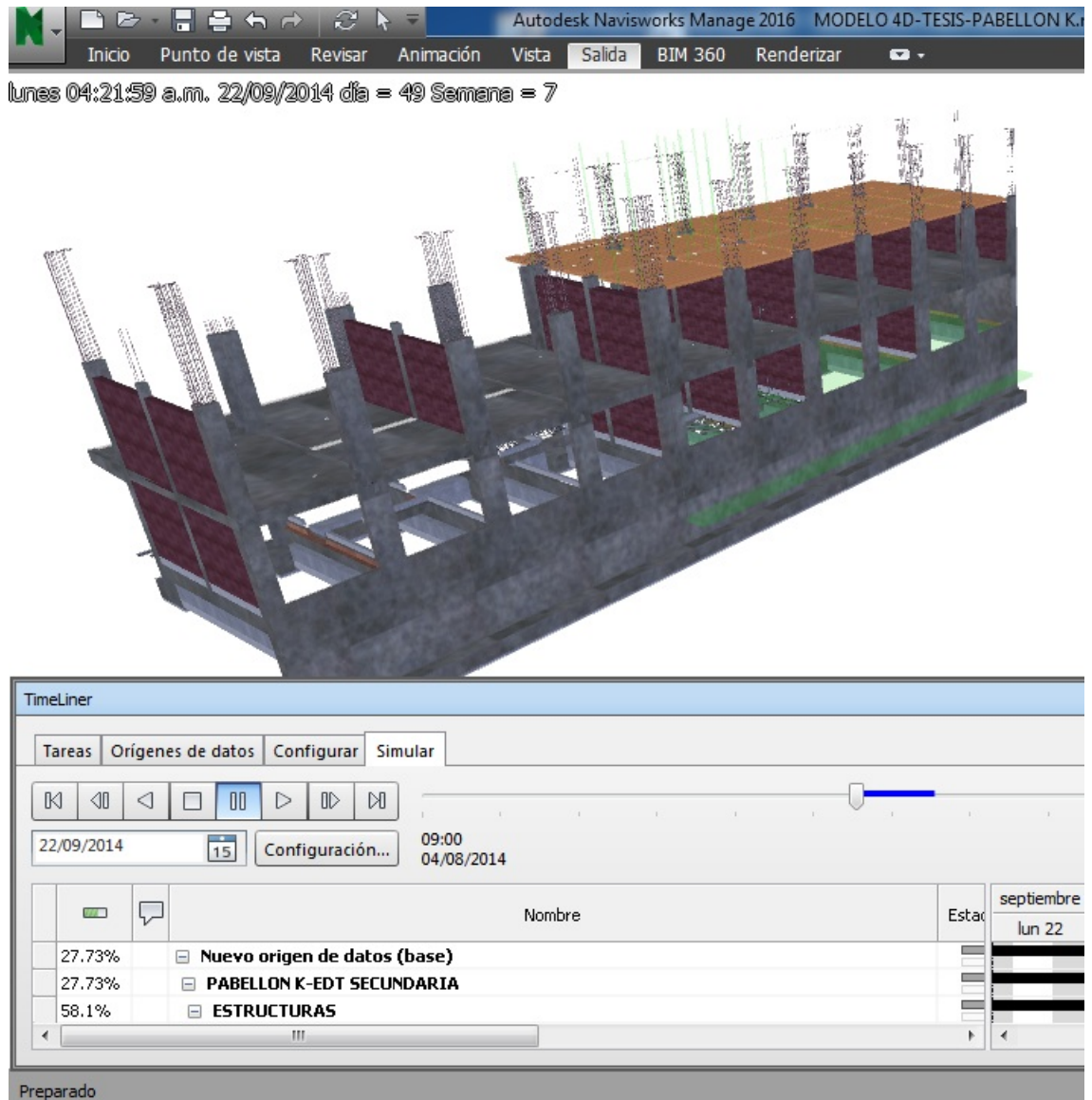


Figura 4.22: Modelo BIM 4D (Estructura)- Fuente:Propia

4.4. MODELO BIM-5D (ESTIMACIÓN DE FLUJOS ECONÓMICOS).

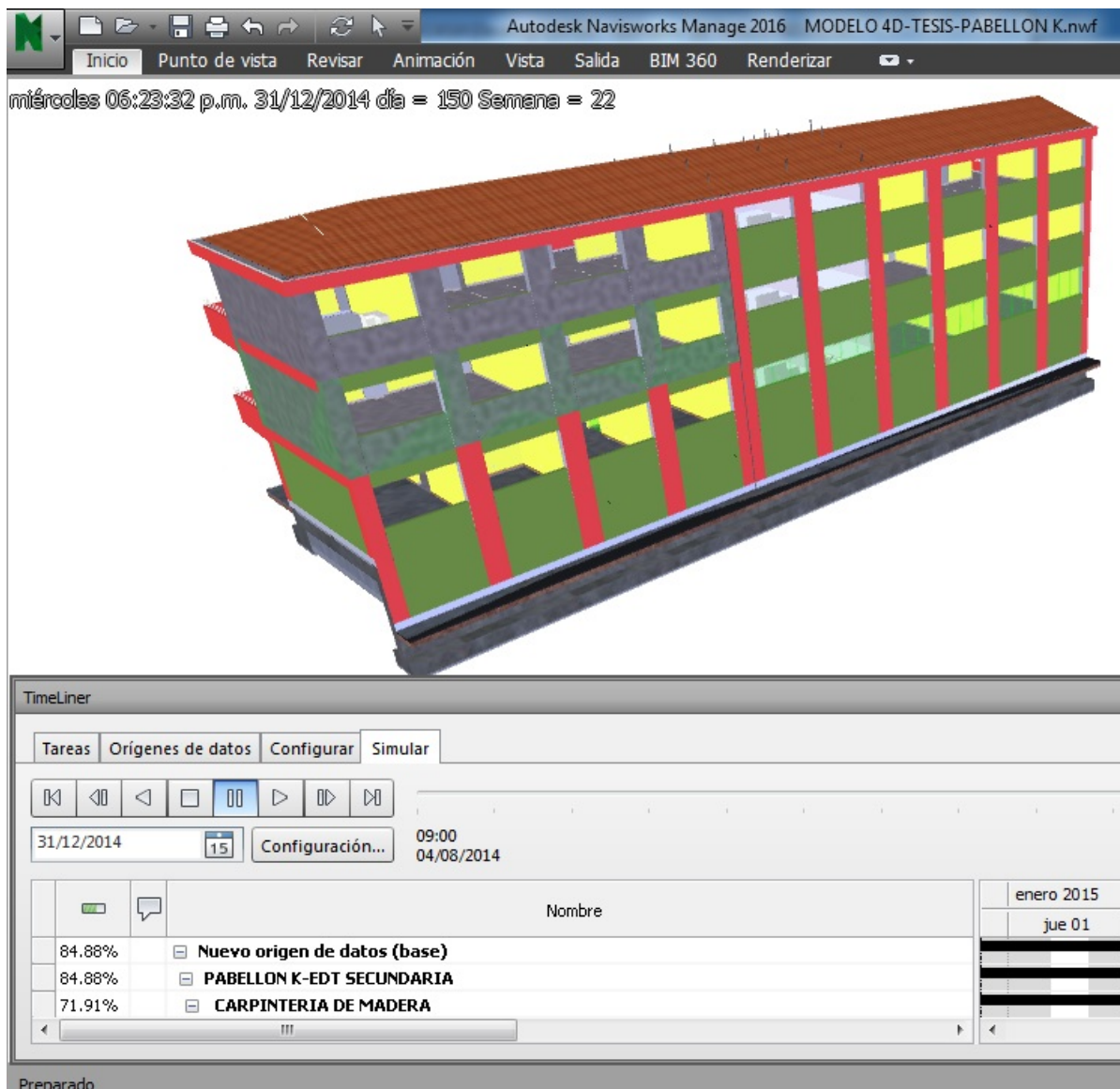


Figura 4.23: Modelo BIM 4D(Arquitectura)- Fuente:Propia

4.4. MODELO BIM-5D (ESTIMACIÓN DE FLUJOS ECONÓMICOS).

PRESUPUESTO META Y CONTRACTUAL COMPARATIVO Y CONTRACTUAL COMPARATIVO				
PROYECTO: PABELLÓN K- EDT (SECUNDARIA)-PROYECTO				
LUGAR: AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO				
ITEM	Descripción	SECTOR (S/.)	PROYECTO (S/.)	% de inci- dencia
001	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES. SEGURIDAD Y SALUD	0.00	0.00	0.00%
002	PRESUPUESTO ESTRUCTURA	524,415.39	539,430.69	102.86%
003	PRESUPUESTO ARQUITECTURA	571,113.29	593,585.25	103.93%
004	PRESUPUESTO INSTALACIONES SANITARIAS	88,162.81	84,398.85	95.73%
005	PRESUPUESTO INSTALACIONES ELÉCTRICAS	179,322.88	210,625.77	117.46%
006	PRESUPUESTO MOBILIARIO	178,175.90	181,812.09	102.04%
=====				
	COSTO DIRECTO	1,541,190.28	1,609,853.47	1046%

Tabla 4.6: Presupuesto Meta y Contractual Comparativo

4.4.2. Cálculo de parámetros de rentabilidad.)

4.4.2.1. Flujo de caja

Para la elaboración del flujo de caja, se toma en consideración los ingresos, que principalmente para este caso son las valorizaciones mensuales, la utilidad (10%), venta de adicionales, venta de reajustes, los adelantos, si es que los hubiesen. Y como gastos se consideran, los costos incurridos para la fabricación del elemento directa e indirectamente, para este caso estos se subdividen en: mano de obra, materiales, equipos y herramientas, sub-contratos, y los gastos administrativos como pago de personal staff, pago de cartas fianzas, pólizas, también se consideran las amortizaciones de los adelantos. Para lo cual se muestran en el siguiente cuadro:

4.4. MODELO BIM-5D (ESTIMACIÓN DE FLUJOS ECONÓMICOS).


FLUJO DE CAJA-TESIS							
NOMBRE DEL PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS EDUCATIVOS DEL NIVEL INICIAL, PRIMARIA, SECUNDARIA Y ALTERNATIVA DE LA I.E. SAN RAMÓN, DISTRITO DE AYACUCHO, HUAMANGA-AYACUCHO"						
BACHILLER:	RICHARD GUTIERREZ MENDEZ						
ASESOR:	M.S.C. CRISTIAN CASTRO PEREZ						
DESCRIPCION	TOTAL	SEMANA 1 ago-14	SEMANA 2 ago-14	SEMANA 11 oct-14	SEMANA 20 dic-14	SEMANA 28 feb-15	SEMANA 32 mar-15
INGRESOS							
Adelantos							
Venta Contractual	1,696,269.49			159,968.7	213,433.0	315,387.1	323,948.2
Venta Adicionales							
Venta Reajustes							
Amortizaciones							
TOTAL INGRESOS	1,696,269.49			159,968.73	213,433.04	315,387.05	323,948.21
EGRESOS							
COSTO DIRECTO	1,610,927.79						
Materiales	1,025,933.03	310.8	47,950.6	20,061.3	32,487.2		
Mano de Obra	457,483.51	6,894.2	19,897.3	29,789.4	16,819.6		
Equipos y Herramientas	87,810.01	13,758.8	15,057.2	3,759.9	2,331.8		
Otros	39,701.23		1,863.4	5,163.3			
TOTAL COSTO DIRECTO	-1,610,927.79	-20,963.87	-84,768.52	-58,773.87	-51,638.65		
TOTAL EGRESOS	-1,610,927.79	-20,963.87	-84,768.52	-58,773.87	-51,638.65		
SUPERAVIT (DEFICIT) OPERATIVO	85,341.70	-20,963.87	-84,768.52	101,194.85	161,794.39	315,387.05	323,948.21
SALDO INICIAL							
SALDO FINAL		-20,963.87	-105,732.40	-638,698.52	-231,474.80	-238,606.51	85,341.70

Tabla 4.7: Flujo de Caja-Sector K

4.4.2.2. Valor Actual Neto (VAN)

El Cálculo del VAN, se realiza en función del flujo de caja, cuya diferencia entre el valor actual de los flujos económicos netos que produce la ejecución del proyecto. Aplicando una tasa que corporativamente consideremos como la mínima aceptable para la aprobación de un proyecto de inversión para nuestro caso se aplicará la misma tasa de la utilidad ofrecida por la entidad.

$$VAN = -I_{mv} + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j} \quad (4.4.1)$$

$$VAN = 58,495 \quad (4.4.2)$$

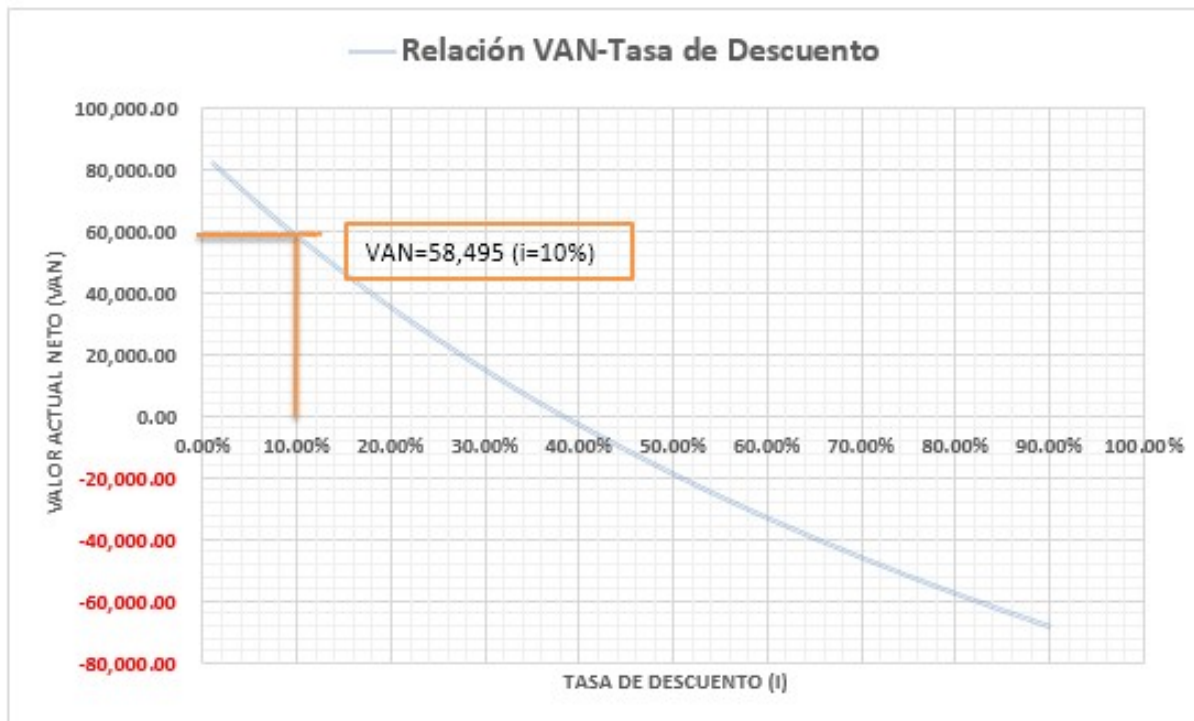


Figura 4.24: Relación VAN-tasa de descuento- Fuente:Propia

Donde: F_j = Flujo Neto en el Período j I_m = Inversión en el año "0" $i = 10\%$ = Tasa de Descuento $j = 32semanas$ = Horizonte de Evaluación

Para observar Los resultados obtenidos se realiza la gráfica 4.10 Relación VAN-Tasa de descuento.

Realizando el comparativo con la utilidad ofrecida por la entidad que se entiende como el 10% del costo directo, monto que no esta determinado por el flujo en el tiempo, y realizamos el mismo procedimiento ya con el valor actual neto, que representa la verdadera utilidad, se obtiene:

$$Utilidadreal = C.D/VAN = 1,541,190/85,495 = 3.79\%$$

Se observa que la utilidad estaría representada únicamente por el 3.79%, más no así por el 10% que se oferta contractualmente.

4.4.2.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es la tasa de interés que hace iguales los ingresos de los flujos económicos a los gastos del periodo en que se evalúa la inversión. Corresponde al rendimiento (expresado en porcentaje), de una unidad de capital en una unidad de tiempo. Se calcula a partir de la expresión del VAN, igualando este a cero.

$$TIR = -I_{nv} + \sum_{j=0}^n \frac{F_j}{(1+i)^j} = 0 \quad (4.4.3)$$

$$TIR = 38.39\% \quad (4.4.4)$$

Donde:

F_j = Flujo Neto en el Período j

I_{nv} = Inversión en el año "0"

TIR = Tasa Interna de Retorno

$j = 32semanas$ = Horizonte de Evaluación

$i = 10\%$ = Tasa de Descuento

Para observar los resultados obtenidos se realiza la gráfica 4.10 relación VAN-tasa de descuento.

Donde observamos que la función corta la línea horizontal (eje X) $VAN = 0$, teniendo como resultado que el $TIR = 38.39\%$. Parámetro que nos indica que se trata de un proyecto rentable.

4.4.2.4. Costo beneficio (B/C)

La relación Costo-Beneficio (B/C) es el cociente entre los beneficios totales del proyecto (ingresos económicos) y los costes totales del proyecto (egresos económicos) actuali-

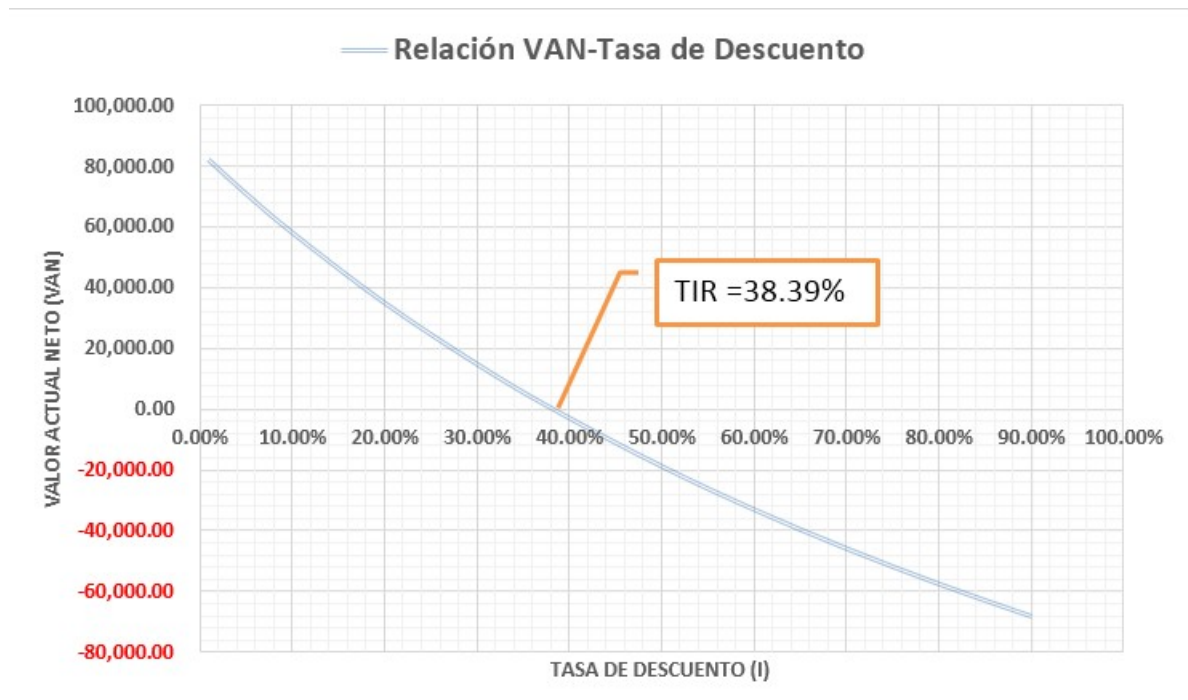


Figura 4.25: Relación VAN-tasa de descuento- Fuente:Propia

zados al año "0".

La razón Costo-Beneficio (B/C) para el presente proyecto nos indica que es rentable (cociente mayor de la unidad).Para lo cual se puede determinar, mediante la siguiente Expresión.

$$R_{B/C} = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{B_j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}} \quad (4.4.5)$$

$$R_{B/C} = 1.0529 \quad (4.4.6)$$

Donde:

$R_{B/C}$ = Relación Costo -Beneficio

B_j = beneficio en el año "j"

C_j = Coste en el año "j"

$i = 10\%$ = Tasa de Descuento

$j = 32semanas$ = Horizonte de Evaluación

4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5.1. Implementación de Metodología

El sistema integrado BIM, proporciona las herramientas necesarias para la implementación de una metodología que permite la obtención de parámetros de rentabilidad reales de un proyecto. Tal como se muestra en la tabla 4.8, donde se indica, las utilidades obtenidas mediante la aplicación del procedimiento, las ofrecidas por la entidad y las reales obtenidas, mediante los resultados operativos mensuales realizados por la empresa contratista INCORP Ingeniería y Construcción S.A.C por el área de planeamiento y control.

INDICADORES DE RENTABILIDAD		
Medio de Obtención	Utilidad	%
Utilidad Contractual	154,119.03	10.00%
Resultado Operativo Mensual (Mayo-2015)	63,342.92	4.11%
Aplicación de la Metodología	58,495.00	3.79%

Tabla 4.8: Indicadores de Rentabilidad-fuente propia

4.5.2. Identificación de interferencias.

Durante la aplicación de la implementación se obtuvieron los siguientes resultados referentes a las interferencias interdisciplinarias y a las deficiencias de diseño. Generados a través de los modelos 3D y la construcción virtual de la edificación. Por lo tanto BIM permite la identificación temprano de las deficiencias de diseño de los documentos contractuales.

4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DESCRIPCION	PRESENTE MES		ACUM. ACTUAL	OGRAMA	EJERCICIO	SALDO DEL EJERC. 2015	TOTAL OBRA
	PREVISTO DEL MES	REAL DEL MES		ago-15	SIGUIENTE		ACTUAL
COSTO DIRECTO							
Mano de Obra	832,013	1,001,386	7,475,666	106,668	0	1,706,694	9,182,360
Materiales	505,435	430,900	6,912,135	0	0	1,763,705	8,675,840
Equipos	112,788	97,129	1,148,790	9,025	0	162,746	1,311,536
Subcontratos/ Prov. Esp.	242,707	148,120	2,496,766	0	0	892,463	3,389,229
Servicios	26,258	15,449	406,102	1,999	0	31,446	437,548
Otros	86,236	12,456	402,462			165,839	568,301
COSTO INDIRECTO						0	
Supervisión	109,246	116,682	1,224,547	9,620	0	196,138	1,420,685
Gastos Generales	155,741	156,384	1,194,228	5,837	0	217,563	1,411,791
TOTAL COSTO S/.	2,070,425	1,978,507	21,260,696	133,150	0	5,136,594	26,397,290
MARGEN							
MARGEN REAL S/.	5,332	(656,547)	814,617	(133,150)	0	317,209	1,131,826
% MARGEN REAL	0.26%	-49.66%	3.69%	0.00%	0.00%	5.82%	4.11%
MARGEN APLICADO S/.	88,773	84,832	911,587	5,709	0	220,240	1,131,826
	4.11%	4.11%	4.11%	4.11%	0.00%	4.11%	4.11%

Tabla 4.9: Resultado Operativo-fuente INCORP

ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS INTER-DISCIPLINARIAS				
ITEM	ESPECIALIDADES	n° Conflictos	Aprobados	Resueltos
1.00	ARQUITECTURA VS ESTRUCTURAS	27	14	13
2.00	ESTRUCTURA VS INST. ELECTRICAS	40	12	14
3.00	ESTRUCTURA VS INST. SANITARIAS	23	7	5
4.00	ARQUITECTURA VS INST. ELECTRICAS	64	17	37
5.00	ARQUITECTURA VS INST.SANITARIAS	56	31	15
6.00	ARQUITECTURA VS INST. MOBILIARIOS	0	0	0

Tabla 4.10: Análisis de Interferencias Interdisciplinarias-Fuente propia

4.5.3. Planificación 4D mediante trenes de actividades.

Durante la elaboración de los trenes de actividades se determina la duración del sector en estudio, lo cual se muestra en la siguiente tabla. Y nos permitió la visualización mediante videos la ejecución del sector en estudio.

Donde podemos observar que se encuentra dentro de los plazos contractuales estipulados en el contrato.

DURACIÓN DE ACTIVIDADES-PABELLÓN "K"			
Nombre de Tarea	Duración (días)	Comienzo	Fin
Estructuras	72	04/08/2014	27/10/2014
Arquitectura	95	28/08/2014	17/12/2014
Instalaciones Sanitarias	101	02/09/2014	29/12/2014
Instalación Electricas	142	04/08/2014	16/01/2015
Mobiliarios	13	12/01/2015	27/01/2015
Pabellón K-EDT secundaria	151	04/08/2014	27/01/2015

Tabla 4.11: Análisis de Interferencias Interdisciplinarias-Fuente propia

4.5.4. Parámetros de rentabilidad financiera.

Se pudieron determinar a través de un sistema integrado y mediante la utilización de herramientas tecnológicas BIM, inter-relacionando los modelos 4D y los parámetros de recursos de las actividades, lo cual conllevó a la generación de modelos 5D Integrados. Y cuyos resultados obtenidos para los parámetros de rentabilidad son los siguientes.

PARAMETRO DE RENTABILIDAD	
Parametro	Valor obtenido
Valor Actual Neto	S/. 58,495
Tasa Interna de Retorno	3.79%
Relación Costo-Beneficio	1.0529

Tabla 4.12: Análisis de Interferencias Interdisciplinarias-Fuente propia

Donde podemos observar que se trata de un proyecto económicamente rentable, pero que no ofrece los márgenes de utilidad ofrecidos por la entidad.

Capítulo 5

CONCLUSIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

La implementación de la metodología para la evaluación de rentabilidad de proyectos mediante Sistema integrado BIM, basada en procesos, reduce la incertidumbre para el cálculo de los parámetros de rentabilidad, y para la determinación de los plazos de ejecución del proyecto. Siempre y cuando se cumpla con seguir cada uno de los procesos de acuerdo a los niveles de madurez según Succar.

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el uso de la metodología planteada en la presente Tesis; estos son los que más se aproximan a los resultados reales de acuerdo al Resultado Operativo proporcionado por la empresa contratista; y de lo contrario lo obtenido mediante métodos tradicionales, han sido cambiantes en el tiempo, ya que las incompatibilidades fueron identificadas tardíamente, afectando directamente al cálculo de los parámetros económicos.

- a. El uso de herramientas Tecnológicas BIM, así como la integración de estos directa o indirectamente, Facilitan el cálculo de los costos incurridos para la ejecución del proyecto, y permiten identificar y costear los costos que se generan a raíz de la mala calidad y las deficiencias de diseño de los documentos contractuales. En caso

de los métodos tradicionales, se tiene que cuantificar manualmente las cantidades y el incremento de las partidas por ende se trata de un proceso tedioso que induce al error, ocasionando la demora para el cálculo de estos parámetros que no ofrecen certeza.

- b. Mediante la construcción virtual y la integración interdisciplinaria, permiten identificar con eficacia las deficiencias en los documentos contractuales de diseño, clasificarlas según su tipología, identificar las causas, obteniendo así modelos 3D compatibilizados. Obteniendo así para el caso de estudio 210 conflictos entre el análisis de interferencia de todas las especialidades, siendo 81 el número de interferencias aprobados y 129 el número de interferencias resueltos. En la ejecución real de la obra se identificaron las deficiencias en los documentos contractuales a puertas de la ejecución, generando así RFIs la cual necesita de un tiempo prolongado para su absolución, generando así retrasos en el proyecto.
- c. La elaboración de los modelos 4D, facilitan la visualización y la corrección de la planificación de los elementos del proyecto, debido a que este integra los modelos 3D, con el tiempo, que para la presente Tesis estuvo determinado bajo la filosofía Lean Construcción, que optimiza los recursos para velar que los flujos sean constantes y en el tiempo determinado. Obteniendo así que el plazo de ejecución del sector del proyecto en estudio, tendrá una duración de 151 días calendarios el cual inicia el 14/08/2014 y finaliza 27/01/2015. Lo que es una gran ventaja comparando con el método tradicional, ya que este no permite la visualización de lo planificado en el tiempo, y la no integración hace que este proceso se torne tedioso, y no refleja lo real.
- d. Los indicadores de rentabilidad obtenidos mediante la generación de los modelos BIM 5D, brindan información acorde con el plazo de ejecución del proyecto, determinado así los verdaderos márgenes de utilidad obtenidos mediante el cálculo

del VAN, y La evaluación de la viabilidad de estos mediante el calculo del TIR. El BIM permite la integración de la información para la facilidad del cálculo. Para el sector en estudio se obtuvo un margen de utilidad equivalente al 3.79%, cuyo valor es similar al cálculo real obtenido mediante el Resultado Operativo del mes de Mayo del 2015 el cual muestra un margen de utilidad equivalente al 3.69%. Estos valores están por debajo del margen de utilidad ofrecido por la entidad contratante (10.0%).

- e. Durante la ejecución del proyecto la empresa Contratista INCORP Ingeniería y Construcción S.A.C., empleo métodos tradicionales para la ejecución del proyecto, y como consecuencia se tuvieron 12 ampliaciones de plazo aprobados por 15 meses y 02 adicionales aprobados por un monto de S/. 2'128,445.02. A raíz de las deficiencias en los documentos contractuales del proyecto. Causando perjuicio en ambas partes, ya que hasta la actualidad el proyecto se encuentra inconcluso con un 90.21 % de avance en la Ejecución.
- f. Se realizaron la estimación del presupuesto meta del proyecto y el cálculo de los parámetros de rentabilidad, durante la ejecución de esta, obteniendo valores cambiantes en el tiempo, con una tendencia decreciente en la estimación de estos márgenes de utilidad. Tal es así que en una primera instancia se estimo un margen equivalente al 27.73% de Utilidad, luego después de realizar un análisis de incompatibilidad por superposición de planos, se obtuvo un margen de 16.27%, y por ultimo sincerando costos se estimo este margen en 7.65%, con lo cual se evidencia que mediante métodos tradicionales para el cálculo de los parámetros de rentabilidad estos no reflejan la realidad y generan estimaciones erróneas.

5.2. RECOMENDACIONES

Frente a los resultados obtenidos en el presente estudio de investigación podemos determinar las siguientes recomendaciones:

- a. Para la implementación del procedimiento descrito en la presente investigación dentro de las políticas del estado y el SNIP, necesita el cambio de filosofía en el sistema de gestión, ya que debido a la responsabilidad contractual, se requiere la estandarización de los procesos mediante normas, guías, procesos. Para que así la entidad solicitante estipule los niveles de implementación requerida para un determinado proyecto.
- b. La modalidad de contratos para el buen funcionamiento de este estudio deberá de ser tal, que todos los procesos desde la etapa de inversión, se ejecuten por un solo contratante, para evitar el rebundamiento en el proceso de implementación. Actualmente la modalidad cercana a lo solicitado son : Concurso Oferta y Llave en Mano.
- c. La elaboración de los modelos 4D, facilitan la visualización y las correcciones de la planificación de los elementos del proyecto, debido a que este integra los modelos 3D, con el tiempo, que para la presente Tesis estuvo determinado bajo la filosofía Lean Construcción, que optimiza los recursos para velar que los flujos sean constantes y en el tiempo determinado. Y el tren de actividades.
- d. La integración de Los modelos paramétricos BIM-3D con la base de datos de los costos unitarios, se debería de realizar de forma directa, con el propósito que dentro de los parámetros de los elementos del modelo se inserte automáticamente los costos que cada uno represente, para poder así actualizar instantáneamente los costos directos y así generaríamos el presupuesto directamente del modelo. Ya que para este estudio dicha integración se realizo indirectamente mediante el software Ms Excel, que es vinculante con ambos del mismo modo los software de

Logística, también deberían de Integrarse a estos modelos BIM, ya que los costos de los materiales se van actualizando perenemente.

- e. Las Empresas Contratistas deberán de implementar esta metodología en el proceso de Diseño y Construcción, para garantizar que se cumpla los plazos de ejecución y el presupuesto asignado en el contrato, y así evitar las ampliaciones de plazo y los adicionales de obra, ya que estos causan perjuicio a ambas partes.

Bibliografía

- [1] Eastman. *The use of computers instead of drawings in building design*. AIA Journal, EE.UU, Marzo de 1975.
- [2] Robert Aish. *Papers Modelling Edification*. Autodesk Investigation, 1986.
- [3] P. Teicholz. Et al Chuck Eastman. *BIM HANDBOOK a guide to building Information Modelling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. John Wiley y Sons, Inc. Second edition, 2011.
- [4] FAIA David A. Harris. *National Building Information Modelling Standard. Version1-Part 1: Overview, Principles, and methodologies*. National Institute of Building Sciences, Diciembre-2007.
- [5] R. Waterhouse; R. Mannig. Et al. *NBS National BIM Report*. National BIM Specification, 2015.
- [6] Harvey M. Bernstein Stephen A. Jones. *The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets*. McGraw Hill Construction, 2014.
- [7] Murguía Sanchez D. *Tecnologías BIM y Lean Construction*. Perú Lean Construction Intitute, 2010.
- [8] Comité BIM. *Uso de BIM en el Perú*. Instituto de la Construcción y el Desarrollo (ICP)-organismo de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), 2014.

- [9] F. Adrián B. Rivera. *Tecnologías informáticas para la visualización de la información y su uso en la construcción -Los sistemas 3d inteligente-*. Universidad Nacional de Ingeniería. Programa Cybertesis PERÚ, 2008.
- [10] B. Succar. *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. University of Newcastle, Australia-Automation in construction 18 pag 357-375, 2009.
- [11] B. Succar. *Building Information Modelling Maturity Matrix*. ChangeAgents AEC, Australia, 2011.
- [12] S. Michalski. *Measuring BIM Performance: Five Metrics*. Architectural Engineering and Design Management 8(2):120-142., March 2012.
- [13] Robert E. Chapman. *Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry*.
- [14] The American Institute of Architects (AIA) and AIA California Council. *Integrated Project Delivery: A Guide. Version 1*. www.aia.org/ipdg, 2007.
- [15] V. Ghio Castillo. *Productividad en obras de construcción; Diagnostico, crítica y propuesta*. Pontificia Universidad Catolica del Perú, 2001.
- [16] James C. Van Horne. *Administración Financiera*. Buenos Aires : Ediciones Contabilidad Moderna, 1976.
- [17] G. Guerra. *ANALISIS DE PROYETOS DE INVERSION*. 2011.
- [18] E. Solomon. *The Theory of financial Managment*. Columbia University Press, 1969.
- [19] Orihuela P. y Orihuela J. *Constructabilidad en pequeños proyectos inmobiliarios*,. VII Congreso Iberoamericano de Construcción M.D.I., 2003.

-
- [20] A. y Mardones. *Ework and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*.
- [21] Departament de Expressió Gràfica Arquitectónica. *INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA BIM*. Eloi Coloma Picó-primera edición, Octubre del 2008.
- [22] F. Choclán Gámez. *INTRODUCCION A LA METODOLOGÍA BIM*. Felipe Choclán Gámez. Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, 2010.
- [23] J. R. Salinas. *Implementación de BIM en Proyectos Inmobiliarios* José Roberto Salinas¹. Escuela de Postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Lima, Perú), jun-2014.
- [24] Autodesk. *Improving Building Industry Results through Integrated Project Delivery and Building Information Modeling*. 2008.
- [25] George Elvin. *Integrated Practice in Architecture: Mastering Design-Build, Fast-Track, and Building Information Modeling*. Wiley, 2007.
- [26] L. Koskela y R Owen Rafael Sacks, B. A. Dave. *ANALYSIS FRAMEWORK FOR THE INTERACTION BETWEEN LEAN CONSTRUCTION AND BUILDING INFORMATION MODELLING*. Proceedings for the 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2008.
- [27] y A. Kunz David J. Gerber, B. B. Gerber. *BUILDING INFORMATION MODELING AND LEAN CONSTRUCTION: TECHNOLOGY, METHODOLOGY AND ADVANCES FROM PRACTICE*. 18th Annual Conference, International Group for Lean Construction, Haifa, Israel,, julio- 2010.
- [28] G. Ballard. *Lean Project Delivery System*. LCI White paper, step 23, 2000.

- [29] M. SKETO B. AZHAR, S. HEIN. *Building Information Modelling: Benefits, Risks And Challenges*. Proceedings of the 44th Asc. National Conference, Auburn, Alabama, USA, 2008.
- [30] D. LAHDOU, R. ZETTERMAN. *BIM for Project Managers. Thesis in the Master's Programme Design and Construction Project Management*. Chalmers University of Technology. sweden, 2011.
- [31] D. A. Fuentes Hurtado. *INFLUENCIA DE LA ESTANDARIZACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELAMIENTO DE INFORMACIÓN DE EDIFICIOS (BIM)*. proyectos@urbitec.com.pe d.fuentes@pucp.pe.
- [32] Instituto Andaluz de Tecnología. *Guía para una gestión basada en procesos - El principio de enfoque basado en procesos en la familia ISO 9000 del 2000*. Instituto Andaluz de Tecnología pag 13-14, 2000.
- [33] Normativa del SNIP. *Ley, Reglamento y Directiva General*. 2012.
- [34] Normativa del SNIP. *Ley de Contrataciones del Estado*. aprobado por Dec. Leg. 1017, 2012.
- [35] Reglamento Nacional de Edificaciones.
- [36] P. V. Alcántara Rojas. *Tesis para optar el título profesional; Metodología Para Minimizar Las Deficiencias De Diseño Basado en La construcción Virtual Usando Tecnologías BIM, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.*, 2013.
- [37] F. A. Berdillana Rivera. *Tesis para optar el grado de Magíster en Construcción; Tecnologías Informáticas Para la Visualización de La Información y su Uso en la Construcción-Los Sistemas 3D Inteligente, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.*, 2008.

- [38] J. Salinas Saavedra K. Ulloa Román. *Tesis para optar al grado de Magíster en Construcción, Mejoras en la Implementación de BIM en los Procesos de Diseño y Construcción de la Empresa Marcan, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile, 2013.*