

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**“PROPUESTA DE TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA
OPTIMIZAR LA GESTIÓN VISUAL Y DE LAS
COMUNICACIONES DURANTE LA ETAPA DE DISEÑO DE UN
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN”**

Tesis para optar el Título de **Ingeniera Civil** que presenta la bachiller:

Paula Lucía Ruiz Conejo Neyra

ASESOR: Ing. Danny Murguía

Lima, Julio de 2015

RESUMEN

El presente trabajo de tesis consiste en elaborar una propuesta de integración entre los procesos, las técnicas y herramientas de gestión utilizadas en tres sistemas de gestión: Lean Project Delivery System, el Project Management Institute y Building Information Modeling/Virtual Design and Construction. El objetivo de realizar dicha propuesta es mejorar las prácticas tradicionales relacionadas a la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño de los proyectos de construcción en nuestro país.

Para lograr ello se ha dividido el desarrollo de la investigación en cinco capítulos.

El capítulo 1 contiene el planteamiento de la problemática en la que se basa la propuesta, los objetivos, la hipótesis, la delimitación y el estado del arte de la investigación planteada.

El capítulo 2 contiene el diagnóstico sobre cómo se viene desarrollando la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño en los proyectos de construcción en la ciudad de Lima, cuáles son los principales canales de comunicación entre los involucrados y cuánto influyen los errores de diseño en etapas posteriores del proyecto.

El capítulo 3 contiene el marco teórico de los conceptos, enfoques, procesos, técnicas y herramientas propuestas por el Lean Project Delivery System, el Project Management Institute y Building Information Modeling/Virtual Design and Construction.

El capítulo 4 contiene el desarrollo de la propuesta de integración entre los tres sistemas de gestión elegidos para la presente tesis.

El capítulo 5 contiene las conclusiones y recomendaciones realizadas en base a los temas expuestos a lo largo de la tesis.

FACULTAD DE
 CIENCIAS E
 INGENIERÍA

PUCP

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : "Propuesta de técnicas y herramientas para optimizar la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño de un proyecto de construcción"
 Área : Construcción y Gestión
 Asesor : Ing. Danny Murguía Sánchez
 Alumno : Paula Lucía Ruiz Conejo Neyra
 Código : 2010.0626.412
 Tema N° : 246
 Fecha : Lima, 03 de junio de 2015


PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Entre el año 2000 y 2002, el Centro de Excelencia en Gestión de la Producción de la Pontificia Universidad Católica de Chile (GEPUC) desarrolló un estudio para establecer un diagnóstico global de las pérdidas más frecuentes en la industria de construcción. Como resultado de esta investigación, se identificaron como las pérdidas más frecuentes el rehacer trabajos, detenciones, retraso de actividades y errores o defectos durante la etapa de construcción. Además, entre las fuentes más frecuentes de estas pérdidas se mencionaron los cambios de diseño, información atrasada, mala planificación e información poco clara.

Asimismo, según un estudio realizado por los ingenieros Freire y Alarcón en 3 proyectos en Chile (2002), las principales categorías de pérdidas identificadas durante la etapa de diseño fueron: ignorancia de los requerimientos del cliente, trabajos basados en papel, problemas de coordinación interdisciplinaria, información no disponible y trabajos rehechos.

En base a la información presentada, es evidente que aún existen paradigmas y prácticas arraigadas durante la etapa de diseño, las cuales producen que no se cumplan los objetivos planteados durante etapas posteriores del proyecto.

Uno de los aspectos que se debe mejorar durante la etapa de diseño es la comunicación. Por un lado, tratar con personas, desarrollar los mensajes apropiados para lograr un intercambio de información efectivo y crear canales de comunicación flexibles es difícil (Bourne 2013: 02). Esto debido a que en un proyecto existen distintos involucrados, los cuales no trabajan juntos, no son miembros de una misma empresa, ni necesariamente comparten los mismos puntos de vista, cada uno tiene sus propios intereses y lo que los une temporalmente, es el proyecto (Orihuela 2005: 04).



FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA

PUCP

Por otro lado, debido a la complejidad y magnitud de los proyectos, la información que se genera en torno a ellos es producida por muchas fuentes y es cada vez más abundante. Actualmente, realizar una inadecuada gestión de la información contribuye al aumento de la probabilidad de error en la transmisión de la misma. Ante cambios, la información del proyecto no se actualiza rápida y eficazmente en todos los documentos involucrados, lo que termina ocasionando que los profesionales involucrados pierdan confianza en la información brindada (Saldías 2010: 22).

Asimismo, aparte de la cantidad de información y la forma en la que esta se gestiona, otro aspecto importante es la forma en la que esta se representa (Saldías 2010: 21). Los proyectos demandan comunicaciones entre involucrados con conocimiento técnico y no-técnico. Los involucrados con conocimiento no-técnico crean en su mente imágenes del proyecto basadas en planos, especificaciones técnicas y documentos elaborados por los involucrados con conocimiento técnico, las cuales no coinciden con los que realmente se les desea transmitir. Esto termina dificultando el entendimiento común del proyecto por parte de los principales participantes, especialmente, durante la etapa de diseño.

La presente tesis se enfocará en analizar estos dos aspectos. Es por ello que se hará la revisión bibliográfica de los conceptos, enfoques, técnicas y herramientas propuestos por el Lean Project Delivery System, el Project Management Institute y Building Information Modeling/Virtual Design and Construction. En base a la información investigada, se realizará una propuesta de integración entre las técnicas y herramientas utilizadas en los tres sistemas mencionados, con el objetivo de mejorar las prácticas tradicionales relacionadas a la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño de los proyectos de construcción en nuestro país.

OBJETIVOS

Objetivo principal

El objetivo principal de la presente tesis es investigar y desarrollar una propuesta de integración entre las técnicas y herramientas de gestión de proyectos propuestas por el Lean Project Delivery System, Project Management Institute y Building Information Modeling/Virtual Design and Construction, la cual permita mejorar y optimizar la comunicación y gestión visual durante la etapa de diseño de un proyecto de construcción.

Objetivos específicos

- Diseñar un formato de encuesta que permita recopilar información sobre cómo se viene desarrollando la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño.
- Diseñar un formato de encuesta, dirigido a proveedores y contratistas de obra, que permita recopilar información sobre la influencia de los errores de diseño en etapas posteriores del proyecto.
- Realizar un diagnóstico en base a la interpretación de los resultados de las encuestas elaboradas.
- Identificar las herramientas y técnicas más idóneas propuestas por el Lean Project Delivery System, el Project Management Institute y Building Information Modeling/

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA

PUCP

Virtual Design and Construction para mejorar la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño.

- Identificar a los principales involucrados que participan durante la etapa de diseño.
- Identificar los desafíos o barreras que podrían impedir la implementación de las técnicas y herramientas propuestas.

PLAN DE TRABAJO

Este trabajo está dividido en cinco partes, las cuales se describirán a continuación:

1. **Introducción:** se realizará la búsqueda y revisión de fuentes bibliográficas, como papers, tesis, artículos, páginas web y libros publicados por diferentes especialistas y organizaciones internacionales, con la finalidad de establecer la problemática, el enfoque de la presente tesis y el estado del arte de la propuesta que se desea realizar.
2. **Diagnóstico de la situación actual:** se realizarán encuestas a los diversos involucrados que participan durante la etapa de diseño de los proyectos de construcción. Las preguntas planteadas en las encuestas están enfocadas a obtener información sobre cómo se lleva a cabo la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño de los proyectos de edificaciones en nuestra ciudad e identificar la influencia de los errores de diseño en etapas posteriores del proyecto. Los resultados de las encuestas serán presentados mediante gráficos de muestreo y sociogramas.
3. **Marco teórico:** se realizará una revisión bibliográfica de papers, artículos, páginas web y libros publicados por diferentes organizaciones internacionales relacionados al Sistema de Entrega de Proyectos Lean, Project Management Institute y Building Information Modeling. La información más relevante será plasmada en el marco teórico y, posteriormente, en la propuesta de integración de las técnicas y herramientas de los sistemas de gestión mencionados.
4. **Propuesta de integración entre las técnicas y herramientas planteadas por los sistemas de gestión elegidos:** la investigación culmina con el desarrollo de la propuesta de integración entre las técnicas y herramientas que proponen los tres sistemas de gestión elegidos. Asimismo, la propuesta se realizará en base al diagnóstico de la situación actual obtenida de las encuestas y al análisis de las técnicas y herramientas, más adecuadas a nuestro medio, que propone cada sistema de gestión. El objetivo de la propuesta será optimizar la gestión visual y de comunicaciones durante la etapa de diseño de los proyectos de construcción.
5. **Conclusiones y recomendaciones:** por último, se desarrollarán diversas conclusiones y recomendaciones en base a los temas expuestos a lo largo de la tesis.

Máximo: 100 páginas



DEDICATORIA



A mis padres, Wilder y Flor.
Su amor y apoyo incondicional es la
fortaleza que me permite cumplir
mis metas.

A mis hermanos, Wilder Jr. y Jesús,
por enseñarme que nada es
imposible.

A mi asesor, Danny Murguía, por su
apoyo, paciencia y el tiempo invertido.

A los ingenieros, arquitectos, profesores
y compañeros de trabajo que
colaboraron con su experiencia en
esta investigación.

ÍNDICE

LISTA DE ACRÓNIMOS

LISTA DE TABLAS

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

| | |
|---------------------------------------|---|
| 1.1 Planteamiento del problema..... | 1 |
| 1.2 Objetivos..... | 3 |
| 1.2.1 Objetivo general..... | 3 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.3 Hipótesis del proyecto..... | 4 |
| 1.4 Metodología de investigación..... | 4 |
| 1.5 Delimitación..... | 5 |
| 1.6 Estado del Arte..... | 5 |

CAPITULO 2: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

| | |
|--|----|
| 2.1 Descripción de la muestra en estudio..... | 11 |
| 2.2 Diseño de encuestas y plantillas de obtención de información..... | 13 |
| 2.3 Interpretación de los resultados obtenidos..... | 14 |
| 2.3.1 Bloque 1: información general del proyecto..... | 15 |
| 2.3.2 Bloque 2: identificación de los canales de comunicación y relación entre los involucrados durante la etapa de diseño..... | 16 |
| 2.3.3 Bloque 3: identificación de problemas relacionados a la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño..... | 19 |
| 2.3.4 Bloque 4: identificación del impacto de los errores de diseño en etapas posteriores..... | 27 |

CAPITULO 3: MARCO TEÓRICO

| | |
|--|----|
| 3.1 Comunicación dentro de los proyectos..... | 29 |
| 3.1.1 El proceso de comunicación..... | 29 |
| 3.1.2 Tipos de comunicación..... | 30 |
| 3.1.3 Elementos para lograr una comunicación efectiva..... | 31 |
| 3.1.5 Barreras que impiden una comunicación efectiva..... | 33 |
| 3.2 Gestión visual..... | 34 |
| 3.2.1 Definiciones previas..... | 34 |

| | |
|---|----|
| 3.2.2 Funciones de la gestión visual | 35 |
| 3.2.3 Dimensiones colaborativas de las herramientas visuales | 36 |
| 3.3 Lean Project Delivery System (LPDS) | 38 |
| 3.3.1 Ciclo de vida del proyecto según el LPDS | 38 |
| 3.3.2 Fases de un proyecto según el LPDS | 39 |
| 3.3.3 Diseño Lean | 42 |
| 3.4 Project Management Institute (PMI) | 49 |
| 3.4.1 Ciclo de vida, fases, procesos y áreas de conocimiento de un proyecto | 50 |
| 3.4.2 Grupos de procesos según el PMBOK | 52 |
| 3.4.3 Gestión del alcance del proyecto | 53 |
| 3.4.4 Gestión de las comunicaciones del proyecto | 58 |
| 3.4.5 Gestión de los involucrados del proyecto | 61 |
| 3.4.6 Compatibilidad del PMI con la ISO 21500 | 65 |
| 3.5 Building Information Modeling (BIM) | 67 |
| 3.5.1 Definición de BIM | 67 |
| 3.5.2 BIM a lo largo del ciclo de vida de un proyecto | 68 |
| 3.5.3 Sistemas de entrega de proyectos que permiten la implementación de BIM | 69 |
| 3.5.4 BIM durante la etapa de diseño | 71 |
| 3.5.5 Consideraciones para la implementación y operación de BIM | 80 |

CAPITULO 4: PROPUESTA DE INTEGRACIÓN ENTRE LAS TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PLANTEADAS POR LOS DIFERENTES SISTEMAS DE GESTIÓN

| | |
|--|----|
| 4.1 Metodología de integración | 83 |
| 4.2 Integración de los procesos relacionados a la gestión de las comunicaciones y visual durante la etapa de diseño | 84 |
| 4.2.1 Procesos integrados relacionados a la gestión de las comunicaciones .. | 84 |
| 4.2.2 Procesos integrados relacionados a la gestión visual | 86 |
| 4.3 Inventario de técnicas y herramientas relacionadas a la gestión de las comunicaciones y visual durante la etapa de diseño | 87 |
| 4.4 Relación e integración de técnicas y herramientas por proceso | 89 |
| 4.4.1 Planificar la participación temprana de todos los involucrados | 92 |
| 4.4.2 Planificar la gestión de las comunicaciones | 93 |
| 4.4.3 Planificar la gestión del modelo BIM del proyecto | 95 |
| 4.4.4 Realizar el diseño simultáneo del producto y el proceso mediante sesiones de ingeniería concurrente | 96 |

| | |
|--|-----|
| 4.4.5 Determinar el alcance y los requisitos del proyecto mediante la simulación y análisis del producto | 98 |
| 4.4.6 Seguir una estrategia de múltiples alternativas de diseño | 99 |
| 4.4.7 Gestión del modelo BIM | 100 |
| 4.4.8 Realizar una temprana detección de incompatibilidades entre especialidades | 101 |
| 4.4.9 Controlar la participación de los involucrados | 102 |
| 4.4.10 Controlar las comunicaciones y el modelo BIM del proyecto | 103 |
| 4.5 Identificación de los desafíos/barreras en la implementación de las técnicas y herramientas propuestas | 105 |

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|---------------------------|-----|
| 5.1 Conclusiones | 107 |
| 5.2 Recomendaciones | 108 |

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

| | |
|--|--|
| Anexo 01: Formato de encuesta dirigido cliente del proyecto | |
| Anexo 02: Formato de encuesta dirigido al gerente del proyecto | |
| Anexo 03: Formato de encuesta dirigido a los proyectistas | |
| Anexo 04: Formato de encuesta dirigido al contratista de obra | |
| Anexo 05: Formato de encuesta dirigido a los proveedores | |
| Anexo 06: Matriz sociométrica | |
| Anexo 07: Sociograma de los involucrados de la etapa de diseño | |
| Anexo 08: Análisis de resultados adicionales de las encuestas | |
| Anexo 09: Principales involucrados durante la etapa de diseño | |
| Anexo 10: Correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento del PMBOK | |
| Anexo 11: Aspectos de mejora relacionados a la gestión de los canales de comunicación entre los involucrados | |
| Anexo 12: Aspectos de mejora relacionados a la gestión de información | |
| Anexo 13: Aspectos de mejora relacionados a la gestión visual | |

LISTA DE ACRÓNIMOS

GEPUC: Centro de Excelencia en Gestión de la Producción de la Pontificia Universidad Católica de Chile

PMBOK: Project Management Book of Knowledge

LPDS: Lean Project Delivery System

PMI: Project Management Institute

BIM: Building Information Modeling

VDC: Virtual Design and Construction

CAVT: Computer Advanced Visualization Tools

ISO: International Organization for Standardization

EDT: Estructura de desglose de trabajo

CAPECO: Cámara Peruana de la Construcción

ICD: Instituto de la Construcción y el Desarrollo

ACI: Agua contra incendios

LCI: Lean Construction Institute

RFI: Request for Information

CBA: Choosing By Advantages

PDP: Plan para la dirección del proyecto

CIFE: Center for Integrated Facility Engineering

NIBS: National Institute of Standards and Technology

DBB: Design/Bid/Build

DB: Design/Build

IPD: Integrated Project Delivery

EPC: Engineering, Procurement and Construction

CAD: Computer-aided design

LOD: Level of detail

JPL: Jet Propulsion Laboratory

ICE: Integrated Concurrent Engineering

PPC: Porcentaje del Plan Completado

AEC: Architecture, Engineering and Construction

CPU: Central Processing Unit

WAN: Wide Area Network

EIR: Employer's Information Requirement

FTP: File Transfer Protocol



LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1.- Censo de edificaciones en proceso de construcción del año 2014.

Tabla 2.2.- Descripción de los formatos de encuestas propuestas.

Tabla 2.3.- Abreviaturas a utilizar en los sociogramas.

Tabla 2.4.- Descripción de las opciones de respuesta a la figura 2.18.

Tabla 3.1.1.- Tipos de flujo de comunicación que se puede generar según las características de los involucrados.

Tabla 3.2.1.- Funciones de la gestión visual.

Tabla 3.3.1.- Funciones principales de los modelos 3D y 4D.

Tabla 3.4.1.- Herramientas y técnicas del proceso de recopilar requisitos del proyecto.

Tabla 3.4.2.- Herramientas y técnicas del proceso de definir el alcance del proyecto.

Tabla 3.4.3.- Herramientas y técnicas del proceso de validar el alcance del proyecto.

Tabla 3.4.4.- Herramientas y técnicas para planificar la gestión de las comunicaciones.

Tabla 3.4.5.- Cuadro resumen de métodos de comunicación según el PMBOK.

Tabla 3.4.6.- Herramientas y técnicas del proceso de gestionar las comunicaciones.

Tabla 3.4.7.- Herramientas y técnicas del proceso de control de las comunicaciones.

Tabla 3.4.8.- Herramientas y técnicas del proceso de identificar a los interesados.

Tabla 3.4.9.- Modelos de clasificación para el análisis de interesados.

Tabla 3.4.10.- Herramientas y técnicas del proceso de planificar la gestión de los interesados.

Tabla 3.4.11.- Herramientas y técnicas del proceso de gestionar la participación de los interesados.

Tabla 3.4.12.- Herramientas y técnicas del proceso de control de la participación de los interesados.

Tabla 3.4.13.- Comparación de características/conceptos del PMI con la ISO 21500.

Tabla 3.5.1.- Aplicaciones de BIM a lo largo del ciclo de vida de un proyecto.

Tabla 3.5.2.- Niveles de detalle de un modelo BIM.

Tabla 3.5.3.- Tipos de métricas.

Tabla 3.5.4.- Consideraciones para seleccionar tecnologías BIM.

Tabla 4.1.- Procesos integrados relacionados a la gestión de los canales de comunicación.

Tabla 4.2.- Procesos integrados relacionados a la gestión de la información.

Tabla 4.3.- Procesos integrados relacionados a la gestión visual.

Tabla 4.4.- Tabla de pictogramas utilizados en la propuesta integrada.

Tabla 4.5.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de planificar la participación temprana de los involucrados.

Tabla 4.6.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de planificar la gestión de las comunicaciones proyecto.

Tabla 4.7.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de planificar la gestión del modelo BIM del proyecto.

Tabla 4.8.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de realizar el diseño simultáneo del producto y el proceso mediante sesiones de ingeniería concurrente.

Tabla 4.9.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso determinar el alcance y requisitos del proyecto mediante la simulación y análisis del producto.

Tabla 4.10.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de seguir una estrategia de múltiples alternativas.

Tabla 4.11.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de gestión del modelo BIM.

Tabla 4.12.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de realizar una temprana detección de incompatibilidades entre especialidades.

Tabla 4.13.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de controlar la participación de los involucrados.

Tabla 4.14.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de controlar las comunicaciones.

Tabla 4.15.- Desafíos/Barreras en la implementación de las técnicas y herramientas propuestas para los procesos relacionados a la gestión de los canales de comunicación.

Tabla 4.16.- Desafíos/Barreras en la implementación de las técnicas y herramientas propuestas para los procesos relacionados a la gestión documentaria.

Tabla 4.17.- Desafíos/Barreras en la implementación de las técnicas y herramientas propuestas para los procesos relacionados a la gestión visual.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.- Macleamy Curve.

Figura 2.1.- Descripción de los bloques de preguntas propuestos para las encuestas.

Figura 2.2.- Distribución de encuestados por especialidad o cargo dentro del proyecto.

Figura 2.3.- Distribución de encuestas según el tipo de proyecto.

Figura 2.4.- Sociograma del proyecto

Figura 2.5.- Total de reuniones colaborativas durante la etapa de diseño.

Figura 2.6.- Participación de involucrados de etapas tardías en la etapa de diseño.

Figura 2.7.- Definición de los criterios de diseño del proyecto.

Figura 2.8.- Opciones de diseño propuestas por el arquitecto.

Figura 2.9.- Opciones de diseño propuestas por el proyectista estructural.

Figura 2.10.- Herramientas visuales utilizadas durante la etapa de diseño.

Figura 2.11.- Efectividad de las herramientas de visualización utilizadas.

Figura 2.12.- Descripción del ambiente en el que se desarrollaban las reuniones.

Figura 2.13.- Medios de comunicación.

Figura 2.14.- Flujo de información durante la etapa de diseño.

Figura 2.15.- Control de las actualizaciones de los planos del proyecto.

Figura 2.16.- Medios de control de actualización de planos.

Figura 2.17.- Responsable del control de las actualizaciones de los planos.

Figura 2.18.- Incompatibilidades entre planos de las diferentes especialidades.

Figura 2.19.- Falta de especificaciones en planos.

Figura 2.20.- Influencia de los errores de diseño en etapas posteriores.

Figura 3.1.1.- Estructura o modelo básico de comunicación.

Figura 3.2.1.- Evolución de la comunicación y herramientas visuales.

Figura 3.3.1.- Lean Project Delivery System.

Figura 3.3.2.- Procesos de la fase de definición del proyecto.

Figura 3.3.3.- Módulos de la fase de diseño lean.

Figura 3.3.4.- Procesos de la fase de diseño lean.

Figura 3.3.5.- Diseño basado en una alternativa.

Figura 3.3.6.- Iteración durante la fase de diseño lean.

Figura 3.4.1.- Diagrama de flujo de un proceso.

Figura 3.4.2.- Grupos de procesos de las fases de un proyecto.

Figura 3.4.3.- Interacción de los grupos de procesos a lo largo de las fases de un proyecto.

Figura 3.4.4.- Activos de los procesos de la organización.

Figura 3.4.5.- Componentes de la línea base del alcance de un proyecto.

Figura 3.4.6.- Información contenida en el registro de interesados.

Figura 3.4.7.- Visión general de los conceptos de la dirección y gestión de proyectos y sus interrelaciones.

Figura 3.5.1.- Comparación entre tres sistemas de entrega de proyectos.

Figura 3.5.2.- Los 7 pilares del IPD.

Figura 3.5.3.- UK Government BIM roadmap.

Figura 3.5.4.- Relaciones de comunicación necesarias para crear procesos BIM.

Figura 3.5.5.- Comunicación efectiva entre los involucrados a través de un modelo BIM.

Figura 3.5.6.- Estimación de costo de un proyecto.

Figura 3.5.7.- Ejemplo de lay out de una sesión ICE.

Figura 3.5.8.- Ejemplos de sesiones ICE en ambientes big room.

Figura 3.5.9.- Campos que interactúan durante la implementación de BIM.

Figura 4.1.- Diagrama de la metodología de integración propuesta.

Figura 4.2.- Diagrama de organización de procesos.

Figura 4.3.- Herramientas y técnicas propuestas por cada sistema de gestión relacionados a los aspectos en estudio.

Figura 4.4.- Esquema de integración de herramientas y técnicas.

Figura 4.5.- Propuesta integrada para la etapa de diseño.

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Entre el año 2000 y 2002, el Centro de Excelencia en Gestión de la Producción de la Pontificia Universidad Católica de Chile (GEPUC) desarrolló un estudio para establecer un diagnóstico global de las pérdidas más frecuentes en la industria de construcción.

Como resultado de esta investigación, se identificaron como las pérdidas más frecuentes el rehacer trabajos, detenciones, retraso de actividades y errores o defectos durante la etapa de construcción. Además, entre las fuentes más frecuentes de estas pérdidas se mencionaron los cambios de diseño, información atrasada, mala planificación e información poco clara.

Asimismo, según un estudio realizado por los ingenieros Freire y Alarcón en 3 proyectos en Chile (2002), las principales categorías de pérdidas identificadas durante la etapa de diseño fueron: ignorancia de los requerimientos del cliente, trabajos basados en papel, problemas de coordinación interdisciplinaria, información no disponible y trabajos rehechos.

Según el PMBOK: “La capacidad de influir en las características finales de un producto, sin afectar significativamente el costo, es más alta al inicio del proyecto y va disminuyendo a medida que avanza hacia su conclusión” (PMBOK 2013: 40).

En 2004, Patrick Macleamy propone y representa la importancia dada a diferentes fases del proyecto y su impacto mediante cuatro curvas (Figura 1.1). En primer lugar, la tendencia de la curva de color azul indica que la facilidad de impactar en el costo y desempeño del proyecto es mayor en etapas tempranas y va decreciendo a medida que avanza el proyecto. En segundo lugar, la tendencia de la curva de color rojo indica que, durante las etapas de conceptualización y diseño, el costo de los cambios y modificaciones es relativamente bajo en comparación al costo de los cambios que se realicen en etapas posteriores. En tercer lugar, la tendencia de la curva de color negro describe la manera tradicional en el que se producen los esfuerzos en un proyecto, siendo estos en mayor proporción durante la etapa de construcción. Finalmente, la tendencia de la curva de color verde indica cómo deberían desarrollarse los esfuerzos a lo largo del ciclo de vida del proyecto, siendo lo más óptimo, que los mayores esfuerzos se desarrollen durante la etapa de diseño.

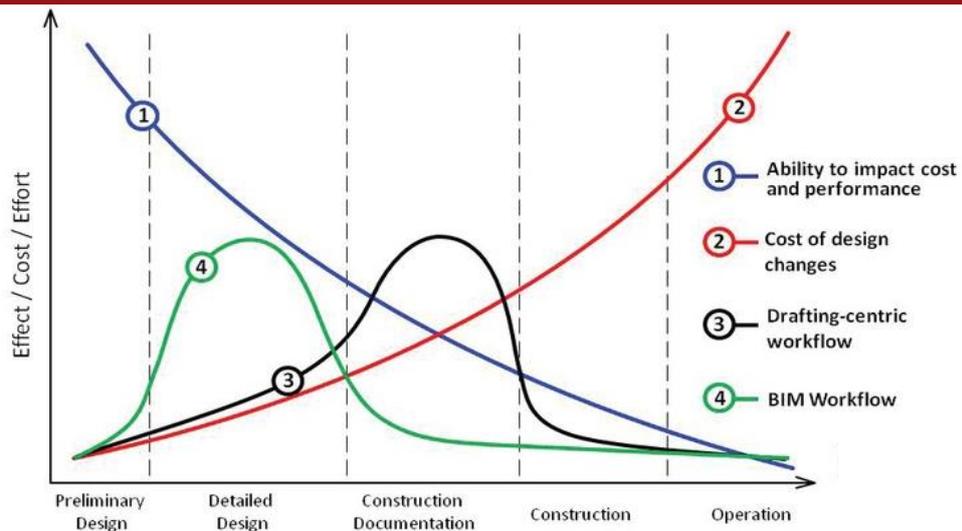


Figura 1.1.- Macleamy Curve (Mcleamy 2004)

En base a las tendencias identificadas en la curva de Macleamy, es evidente que los mayores impactos positivos en un proyecto se pueden lograr durante las etapas de conceptualización y diseño. No obstante, aún existen paradigmas y prácticas arraigadas durante estas etapas, las cuales producen el incumplimiento de los objetivos planteados durante etapas posteriores.

Uno de los aspectos que se debe mejorar durante la etapa de diseño es la comunicación. Por un lado, tratar con personas, desarrollar los mensajes apropiados para lograr un intercambio de información efectivo y crear canales de comunicación flexibles es difícil (Bourne 2013: 02). Esto debido a que en un proyecto existen distintos involucrados, los cuales no trabajan juntos, no son miembros de una misma empresa, ni necesariamente comparten los mismos puntos de vista, cada uno tiene sus propios intereses y lo que los une temporalmente, es el proyecto (Orihuela 2005: 04).

Por otro lado, debido a la complejidad y magnitud de los proyectos, la información que se genera en torno a ellos es producida por muchas fuentes y es cada vez más abundante. Actualmente, realizar una inadecuada gestión de la información contribuye al aumento de la probabilidad de error en la transmisión de la misma. Ante cambios, la información del proyecto no se actualiza rápida y eficazmente en todos los documentos involucrados, lo que termina ocasionando que los profesionales involucrados pierdan confianza en la información brindada (Saldias 2010: 22).

Asimismo, aparte de la cantidad de información y la forma en la que esta se gestiona, otro aspecto importante es la forma en la que esta se representa (Saldias 2010: 21). Los proyectos demandan comunicaciones entre involucrados con conocimiento

técnico y no-técnico. Los involucrados con conocimiento no-técnico crean en su mente imágenes del proyecto basadas en planos, especificaciones técnicas y documentos elaborados por los involucrados con conocimiento técnico, las cuales no coinciden con los que realmente se les desea transmitir. Esto termina dificultando el entendimiento común del proyecto por parte de los principales participantes, especialmente, durante la etapa de diseño.

La presente tesis se enfocará en analizar estos dos aspectos. Es por ello que se hará la revisión bibliográfica de los conceptos, enfoques, técnicas y herramientas propuestos por el Lean Project Delivery System, el Project Management Institute y Building Information Modeling/Virtual Design and Construction. En base a la información investigada, se realizará una propuesta de integración entre las técnicas y herramientas utilizadas en los tres sistemas mencionados, con el objetivo de mejorar las prácticas tradicionales relacionadas a la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño de los proyectos de construcción en nuestro país.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

El objetivo principal es investigar y desarrollar una propuesta de integración entre las técnicas y herramientas de gestión de proyectos propuestas por el Lean Project Delivery System, el Project Management Institute y Building Information Modeling/Virtual Design and Construction, la cual permita mejorar y optimizar la comunicación y gestión visual durante la etapa de diseño de un proyecto de construcción.

1.2.2 Objetivos específicos

- Diseñar un formato de encuesta que permita recopilar información sobre cómo se viene desarrollando la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño.
- Diseñar un formato de encuesta, dirigido a proveedores y contratistas de obra, que permita recopilar información sobre la influencia de los errores de diseño en etapas posteriores del proyecto.

- Realizar un diagnóstico en base a la interpretación de los resultados de las encuestas elaboradas.
- Identificar las herramientas y técnicas más idóneas propuestas por el Lean Project Delivery System, el Project Management Institute y Building Information Modeling/ Virtual Design and Construction para mejorar la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño.
- Identificar a los principales involucrados que participan durante la etapa de diseño.
- Identificar los desafíos o barreras que podrían impedir la implementación de las técnicas y herramientas propuestas.

1.3 Hipótesis del proyecto

Se puede elaborar una metodología que integre los procesos, técnicas y herramientas de los modelos de gestión propuestos por el Lean Project Delivery System, el Project Management Institute y Building Information Modeling/Virtual Design and Construction que permita mejorar la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño.

1.4 Metodología de investigación

La metodología que se empleará será la siguiente:

- a) Revisión bibliográfica.- Se realizará la búsqueda y revisión de fuentes bibliográficas como papers, tesis, artículos, páginas web y libros publicados por diferentes especialistas y organizaciones internacionales, con la finalidad de establecer la problemática y el enfoque de la presente tesis.
- b) Toma de muestra.- Se realizarán encuestas a los diversos involucrados que participan durante la etapa de diseño con la finalidad de conocer cómo se viene desarrollando la gestión visual y de las comunicaciones durante esta etapa y cuál es la influencia de los errores de diseño en etapas posteriores del proyecto. Los resultados de las encuestas serán presentados mediante sociogramas y gráficos de muestreo.
- c) Desarrollo del marco teórico.- Se realizará una revisión bibliográfica de papers, artículos, páginas web y libros publicados por diferentes organizaciones internacionales relacionados al Lean Project Delivery, Project Management Institute y Building Information Modeling/Virtual Design and Construction. La

información más relevante será plasmada en el marco teórico y, posteriormente, en la propuesta de integración de las técnicas y herramientas de los sistemas de gestión mencionados.

- d) Propuesta de solución.- La investigación culmina con el desarrollo de la propuesta de integración entre los tres sistemas de gestión elegidos para la presente tesis. Asimismo, se desarrollarán diversas conclusiones y recomendaciones en base a los temas expuestos a lo largo de la tesis.

1.5 Delimitación

La investigación está dirigida a servir como una guía explicativa del potencial que se puede lograr al utilizar herramientas integradas propuestas por el Lean Project Delivery System, el Project Management Institute y Building Information Modeling en la mejora del trabajo colaborativo durante la etapa de diseño.

Debido a las limitaciones de tiempo y recursos, no se examinará un caso aplicativo de la propuesta integrada. No obstante, se presentarán resultados de una serie de encuestas realizadas en Lima a los diferentes involucrados que participan durante la etapa de diseño de un proyecto.

Finalmente, es importante aclarar que la información que se presentará estará enfocada netamente a conceptos relacionados a la gestión visual y de la comunicación durante la etapa de diseño. No se incluye dentro de la presente investigación el desarrollo del conocimiento técnico de cómo diseñar ni procesos o actividades relacionados a la etapa de conceptualización de un proyecto.

1.6 Estado del Arte

El sector de la construcción ha ido evolucionando progresivamente en estas últimas décadas. Diferentes técnicas de administración y gestión de proyectos de construcción han ido evolucionando en el tiempo para adaptarse al desarrollo técnico-social del medio (Alarcón y Campero 2013: 455). Asimismo, la implementación de estas técnicas está acompañada de un avance tecnológico que no está a la medida de la industrialización, pero que poco a poco va haciendo más competitivo y productivo al sector.

Como afirman los ingenieros Luis Alarcón y Mario Campero: “Los cambios de orientación de los diversos enfoques y herramientas no han dejado obsoletos los

“criterios anteriores, más bien lo que han hecho es enriquecerlos y complementarlos” (Alarcón y Campero 2013: 455).

Además de los cambios de orientación por los que han pasado los distintos sistemas de gestión, existe una creciente tendencia mundial a que los especialistas de un determinado sistema opten por compatibilizarlo con otro, integrándolos con la finalidad de unir sus fortalezas y optimizar la manera en la que desarrollan los proyectos en sus distintas fases.

Recientemente, un elevado número de investigadores han discutido sobre la sinergia potencial entre la filosofía Lean Construction y BIM.

Los primeros en llevar a cabo un análisis sobre la interacción entre Lean y BIM fueron Rischmoller et al. (2006). Su investigación estuvo enfocada en analizar cómo la industria de la construcción podía tomar ventaja de las diversas funcionalidades de las *Computer Advanced Visualization Tools*¹ (CAVT). Para poder realizar este análisis, utilizaron principios propuestos por la filosofía Lean y por la teoría de producción, los cuales estaban enfocados a la fase de diseño de un proyecto. Al final del paper, describieron cómo se puede mejorar el proceso de generación de valor de proyectos industriales durante la etapa de diseño utilizando herramientas CAVT (Rischmoller et. al 2006:52). En este caso, el concepto de CAVT se puede utilizar para representar el concepto o aspectos de BIM, debido a las similitudes de los principios y tecnologías descritos por ambos conceptos (Sacks et al. 2009a: 223).

En otro intento por integrar los procesos de la filosofía Lean Construction con BIM, Atul Khanzode et. al (2006) proporcionan un marco conceptual en el que se relacionan los principios y herramientas de *Virtual Design and Construction*² (VDC) con la teoría del *Lean Project Delivery System*³ (LPDS).

¹Herramientas de Visualización Avanzada en Computadora

²Diseño y Construcción Virtual

³Sistema de entrega de proyectos Lean

El principal descubrimiento fue que las herramientas de modelamiento del producto, proceso y organización propuestas por el VDC pueden ser aplicadas para cumplir con los objetivos propuestos por los principios de LPDS (Khanzode et al. 2006:03). Cabe resaltar, que al igual que el concepto de CAVT, VDC también se puede utilizar para representar el concepto o aspectos de BIM (Sacks et al. 2009a: 223).

Años después, se realizó un análisis conceptual de la interacción de Lean Construction y BIM a lo largo del ciclo de vida de un proyecto (Sacks 2009). En esta investigación, se hace una recopilación de los principios propuestos por la filosofía Lean Construction y de las funcionalidades más relevantes de BIM.

En base a la información recopilada, Sacks organiza los principios y funcionalidades en una matriz, la cual es utilizada como marco para analizar las interacciones entre los principios de Lean y las funcionalidades de BIM. Si el valor de la celda entre un principio y una funcionalidad era positivo, representaba una sinergia; si era negativo, el uso de BIM impedía la implementación del principio propuesto por Lean (Sacks et al. 2009a: 229).

Los siguientes pasos para usar la matriz propuesta por Sacks son postular posibles interacciones y buscar evidencia empírica para apoyar o refutarlas (Sacks et al. 2009b: 12). El desarrollo de estos pasos fue publicado por Sacks durante el mismo año. Utilizando la matriz explicada en el párrafo anterior, Sacks logró identificar un total de 56 interacciones positivas y negativas, entre las funcionalidades de BIM y los principios y procesos propuestos por Lean.

La cantidad de interacciones constructivas identificadas apoyan el argumento de la sinergia potencial que existe entre Lean y BIM a lo largo del ciclo de vida de un proyecto (Sacks et al. 2009b: 17). No obstante, estas interacciones no fueron demostradas, sino que quedaron como candidatos para la verificación o contradicción a través de futuras investigaciones (Sacks et al. 2009b: 13).

Finalmente, se publicó una guía en la que se describe la relación entre Lean y BIM y cómo se puede obtener beneficios al utilizarlos de forma integrada (Dave et al. 2013). Entre los mecanismos de interacción descritos se encuentran los siguientes: BIM contribuye directamente a los objetivos de Lean; BIM hace posible los procesos de Lean y contribuye indirectamente a sus objetivos; los sistemas auxiliares de información, propuestos por BIM, contribuyen directamente e indirectamente a los

objetivos de Lean; y los procesos Lean facilitan la introducción de BIM. (Dave et al. 2013: 04).

Por otro lado, así como existen publicaciones que explican las distintas sinergias entre la filosofía Lean Construction y BIM, en los años 2000 y 2002, Gregory Howell y Lauri Koskela publicaron dos papers en los que explican la relación entre el modelo de gestión de proyectos propuesto por el Project Management Institute (PMI) y la teoría y principios propuestos por Lean Construction.

Una de las primeras investigaciones publicadas fue en el año 2000. En dicha investigación los autores contrastan, de manera teórica, las definiciones propuestas en el PMBOK con las definiciones que propone la filosofía Lean Construction.

Luego del comparativo realizado, los autores hacen un listado de las principales deficiencias que ocurren al momento de implementar el sistema de gestión de proyectos propuesto por el PMBOK. En base a la descripción de las definiciones y el análisis comparativo, los autores expresan lo siguiente: “Una nueva forma de gestión de proyectos debe apoyarse en un teoría o modelo más integral de la forma en cómo se realiza el trabajo real” (Howell y Koskela 2000:06). Finalmente, los autores proponen que la teoría y principios propuestos bajo el enfoque Lean Production son los más adecuados para reemplazar la forma tradicional en que se realiza la gestión de proyectos bajo el enfoque del PMBOK (Howell y Koskela 2000:08).

Dos años después, los mismos autores publicaron un documento en el que explican por qué consideran que los principios de gestión de proyectos propuestos por el PMI tienen serias deficiencias en su base teórica y por qué deberían ser reemplazadas por nuevas teorías (Howell y Koskela 2002). En base a la investigación realizada, los autores afirman que no están de acuerdo con que el modelo de transformación del PMI sea el más adecuado como base para la gestión de proyectos; además, explican dos modelos, los cuales consideran que son más adecuados: el modelo de producción como flujo y el modelo de generación de valor. Finalmente, según los autores: “El modelo de producción como flujo y el modelo de generación de valor proporcionan una nueva base teórica, la cual puede ser utilizada para renovar la metodología de gestión de proyectos propuesta por el PMI” (Howell y Koskela 2002:11).

Asimismo, complementando lo descrito por Gregory Howell y Lauri Koskela en sus publicaciones, este año, Xavier Brioso publicó un paper en el que explica una manera

de compatibilizar el modelo de gestión de proyectos propuesto en el PMBOK con la filosofía Lean Construction. En su investigación, Brioso propone utilizar la ISO 21500⁴ como medio para la integración de las prácticas, herramientas, técnicas y prácticas del PMBOK y la filosofía Lean Construction. Según lo descrito por el autor: “Los diversos sistemas de gestión pueden hacerse compatibles a través de la ISO 21500, ya que permite que las secuencias y la adaptación de procesos se realice de manera flexible. La libertad de elegir herramientas y técnicas y la flexibilidad de especificar las entradas y salidas de los procesos elegidos permiten superar las barreras psicológicas típicas de los especialistas con preferencias arraigadas por un determinado sistema de gestión” (Brioso 2015: 183).

Finalmente, en el año 2009, se publicaron dos reportes técnicos, los cuales explican la relación entre BIM y las técnicas y herramientas de gestión de proyectos propuestas por el PMI.

En el primer reporte técnico, se explica de manera teórica cómo se puede utilizar de manera integrada los conceptos de alcance, costo y tiempo, como base del cronograma y estimación de recursos, con un modelo geométrico del producto en 4D (Peterson, Fischer y Tutti 2009:04). El alcance es representado por el modelo del producto, el cual puede ser un dibujo 2D, un modelo de información en 3D o un modelo animado 4D que incluya el tiempo; el costo, representado por el modelo del costo o estimación de costo; y el tiempo, representado por el cronograma (Peterson, Fischer y Tutti 2009:09). Finalmente, los autores afirman: “Una estructura de desglose de trabajo (EDT) proporciona una clasificación común y un código universal a través de los softwares propuestos por BIM, esto permite la identificación de una misma operación u objeto a través de múltiples modelos como: el modelo del costo y el modelo del proceso” (Peterson, Fischer y Tutti 2009:13).

⁴ISO 21500:2012 *Directrices para la Dirección y Gestión de Proyectos.- Estándar internacional que ofrece una descripción de alto nivel de conceptos y procesos que se consideran para formar buenas prácticas en la gestión de proyectos (ISO 21500: 2012).*

Además, en el mismo año se publica un reporte técnico cuyo objetivo es demostrar, mediante un caso de estudio, que el uso de una EDT como código de clasificación permite que los mismos datos se puedan usar de forma repetitiva del modelo del producto, al modelo del costo, luego al modelo del proceso y, finalmente, al modelo 4D. (Peterson, Frutcher y Fischer 2009). Luego de desarrollar el caso aplicativo, los autores llegan a la siguiente conclusión: “La EDT parece ser la clave para la identificar las misma operaciones a través de las múltiples herramientas de softwares propuestos por BIM” (Peterson, Fruchter y Fischer 2009: 09).

A partir de expuesto en las publicaciones analizadas, diversos autores han logrado demostrar de manera conceptual el potencial que se puede obtener al desarrollar un proyecto en el que se implemente un sistema que integre los procesos propuestos por la filosofía Lean con el modelo de información del producto que ofrece BIM. Por otro lado, en las publicaciones de Howell y Koskela, no se realiza un análisis de la posible integración entre la filosofía Lean y los principios y herramientas propuestas por el PMI; la publicaciones e investigaciones solo se han limitado a plantear que la teoría y principios propuestos bajo el enfoque Lean Production deberían reemplazar la forma tradicional en que se realiza la gestión de proyectos bajo el enfoque del PMBOK. Asimismo, es importante mencionar la investigación realizada recientemente por Xavier Brioso, en la cual se apoya el argumento de la sinergia potencial entre Lean y el PMI a lo largo del ciclo de vida de un proyecto por medio de la ISO 21500. Finalmente, según las publicaciones de Fischer, BIM se apoya en la estructura de desglose de trabajo, herramienta propuesta en el PMBOK, para lograr una implementación de programas computacionales con información estandarizada.

A pesar de que, hasta el momento, estas han sido las principales publicaciones realizadas en las que se ha analizado la interacción entre BIM y PMI, no se descarta que sea posible la integración de técnicas y herramientas de ambos sistemas, con el objetivo de optimizar procesos durante etapas iniciales del proyecto. Esta posible integración podría servir como nexo para lograr la adaptación e integración de técnicas y herramientas propuestas por el PMI con el enfoque en el que está basado el LPDS.

CAPITULO 2: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Este capítulo tiene como objetivo dar a conocer cómo se viene desarrollando la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño, cuáles son los principales canales de comunicación entre los involucrados y cuánto influyen los errores de diseño en etapas posteriores del proyecto. Para lograr ello, se elaboraron formatos de encuestas, los cuales estuvieron enfocados a recopilar información relevante relacionada a la situación en estudio.

A continuación, se procederá a describir la muestra en estudio, los formatos de las encuestas y a interpretar los resultados obtenidos.

2.1 Descripción de la muestra en estudio

La población seleccionada para realizar la recopilación de información está compuesta por proyectos de edificaciones dentro de la ciudad de Lima y Callao. Para delimitar la población de la investigación, los proyectos de edificaciones que serán considerados se encuentran los proyectos multifamiliares, de oficinas y comerciales. No obstante, también serán considerados proyectos educativos, públicos e industriales que involucren obras civiles dentro de la zona en estudio.

Con respecto al método aplicado para las encuestas, se utilizará el método probabilístico tipo aleatorio simple. Por otro lado, para definir una muestra probabilística, uno debe hacerse las siguientes preguntas: ¿Cuál es el tamaño de la población? y ¿Cuál es el menor número de unidades muestrales que se necesita para conformar una muestra representativa? (Sampiere et. al 2010:178).

Para responder a estas preguntas, se utilizará información obtenida del XIX Estudio: “El mercado de edificaciones urbanas en Lima metropolitana y el Callao”, elaborado por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) y el Instituto de la Construcción y el Desarrollo (ICD). Dentro del estudio, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 2.1.- Censo de edificaciones en proceso de construcción del año 2014 (CAPECO 2014:3.125).

EL MERCADO DE EDIFICACIONES URBANAS EN LIMA METROPOLITANA Y EL CALLAO
EDIFICACIONES DE CUATRO PISOS O MÁS SEGÚN DESTINO Y DISTRITO
JULIO DE 2014
CUADRO 3.125

| LOCALIZACIÓN | | EDIFICIOS DE MÁS DE CUATRO PISOS | | | | | | | | | | TOTAL | | |
|-----------------|-----------|----------------------------------|---------------|------------|---------------|-----------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|--------------|---------------|------|
| SECTOR URB. | DIST. | DEPARTAMENTOS | | OFICINAS | | LOCALES COMERC. | | OTROS | | MIXTO | | N° OBRAS | % | |
| | | N° OBRAS | % | N° OBRAS | % | N° OBRAS | % | N° OBRAS | % | N° OBRAS | % | | | |
| 1. Lima Top | 1 | 157 | 10.54 | 28 | 25.93 | 3 | 6.00 | 15 | 22.06 | 1 | 1.61 | 204 | 11.47 | |
| | 2 | 102 | 6.85 | 34 | 31.48 | 1 | 2.00 | 7 | 10.29 | 4 | 6.45 | 148 | 8.32 | |
| | 3 | 7 | 0.47 | 1 | 0.93 | 1 | 2.00 | 1 | 1.47 | 4 | 6.45 | 14 | 0.79 | |
| | 4 | 184 | 12.35 | 15 | 13.89 | 0 | 0.00 | 1 | 1.47 | 16 | 25.81 | 216 | 12.15 | |
| | 5 | 103 | 6.91 | 6 | 5.56 | 0 | 0.00 | 2 | 2.94 | 3 | 4.84 | 114 | 6.41 | |
| 2. Lima Moderna | 1 | 37 | 2.48 | 3 | 2.78 | 0 | 0.00 | 3 | 4.41 | 1 | 1.61 | 44 | 2.47 | |
| | 2 | 29 | 1.95 | 4 | 3.70 | 3 | 6.00 | 2 | 2.94 | 2 | 3.23 | 40 | 2.25 | |
| | 3 | 54 | 3.62 | 3 | 2.78 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 1 | 1.61 | 58 | 3.26 | |
| | 4 | 62 | 4.16 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 1 | 1.47 | 0 | 0.00 | 63 | 3.54 | |
| | 5 | 103 | 6.91 | 2 | 1.85 | 0 | 0.00 | 2 | 2.94 | 0 | 0.00 | 107 | 6.02 | |
| | 6 | 35 | 2.35 | 1 | 0.93 | 0 | 0.00 | 1 | 1.47 | 1 | 1.61 | 38 | 2.14 | |
| 3. Lima Centro | 7 | 89 | 5.97 | 2 | 1.85 | 0 | 0.00 | 2 | 2.94 | 0 | 0.00 | 93 | 5.23 | |
| | 1 | 45 | 3.02 | 2 | 1.85 | 1 | 2.00 | 3 | 4.41 | 1 | 1.61 | 52 | 2.92 | |
| | 2 | 38 | 2.55 | 1 | 0.93 | 0 | 0.00 | 1 | 1.47 | 1 | 1.61 | 41 | 2.31 | |
| | 3 | 18 | 1.21 | 1 | 0.93 | 16 | 32.00 | 1 | 1.47 | 0 | 0.00 | 36 | 2.02 | |
| | 4 | 11 | 0.74 | 0 | 0.00 | 3 | 6.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 14 | 0.79 | |
| | 5 | 5 | 0.34 | 0 | 0.00 | 3 | 6.00 | 3 | 4.41 | 0 | 0.00 | 11 | 0.62 | |
| | 6 | 105 | 7.05 | 1 | 0.93 | 6 | 12.00 | 3 | 4.41 | 1 | 1.61 | 116 | 6.52 | |
| 4. Lima Este | 3 | 8 | 0.54 | 1 | 0.93 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 9 | 0.51 | |
| | 4 | 6 | 0.40 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 2 | 3.23 | 8 | 0.45 | |
| | 5 | 13 | 0.87 | 0 | 0.00 | 2 | 4.00 | 0 | 0.00 | 1 | 1.61 | 16 | 0.90 | |
| | 6 | 5 | 0.34 | 0 | 0.00 | 1 | 2.00 | 0 | 0.00 | 2 | 3.23 | 8 | 0.45 | |
| | 7 | 14 | 0.94 | 0 | 0.00 | 3 | 6.00 | 2 | 2.94 | 1 | 1.61 | 20 | 1.12 | |
| | 1 | 10 | 0.67 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 2 | 2.94 | 0 | 0.00 | 12 | 0.67 | |
| | 2 | 21 | 1.41 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 4 | 5.88 | 1 | 1.61 | 26 | 1.46 | |
| 5. Lima Norte | 3 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 1 | 2.00 | 2 | 2.94 | 0 | 0.00 | 3 | 0.17 | |
| | 4 | 35 | 2.35 | 0 | 0.00 | 2 | 4.00 | 1 | 1.47 | 12 | 19.35 | 50 | 2.81 | |
| | 5 | 6 | 0.40 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 6 | 0.34 | |
| | 6 | 20 | 1.34 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 1 | 1.61 | 21 | 1.18 | |
| | 7 | 3 | 0.20 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 3 | 0.17 | |
| | 8 | 3 | 0.20 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 1 | 1.61 | 4 | 0.22 | |
| | 1 | 45 | 3.02 | 1 | 0.93 | 2 | 4.00 | 2 | 2.94 | 0 | 0.00 | 50 | 2.81 | |
| | 2 | 2 | 0.13 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 2 | 0.11 | |
| 6. Lima Sur | 3 | 2 | 0.13 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 2 | 0.11 | |
| | 4 | 33 | 2.21 | 1 | 0.93 | 0 | 0.00 | 2 | 2.94 | 0 | 0.00 | 36 | 2.02 | |
| | 5 | 2 | 0.13 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 2 | 2.94 | 0 | 0.00 | 4 | 0.22 | |
| | 6 | 2 | 0.13 | 0 | 0.00 | 1 | 2.00 | 1 | 1.47 | 0 | 0.00 | 4 | 0.22 | |
| | 8 | 21 | 1.41 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 21 | 1.18 | |
| | 10 | 8 | 0.54 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 8 | 0.45 | |
| | 11 | 4 | 0.27 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 2 | 3.23 | 6 | 0.34 | |
| | 1 | 11 | 0.74 | 1 | 0.93 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 1 | 1.61 | 13 | 0.73 | |
| | 7. Callao | 2 | 9 | 0.60 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 1 | 1.47 | 2 | 3.23 | 12 | 0.67 |
| | | 4 | 17 | 1.14 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 17 | 0.96 |
| | | 5 | 1 | 0.07 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 1 | 0.06 |
| 6 | | 5 | 0.34 | 0 | 0.00 | 1 | 2.00 | 1 | 1.47 | 0 | 0.00 | 7 | 0.39 | |
| TOTAL | | 1 490 | 100.00 | 108 | 100.00 | 50 | 100.00 | 68 | 100.00 | 62 | 100.00 | 1 778 | 100.00 | |

FUENTE: CAPECO. Censo de edificaciones en proceso de construcción.

Asimismo, para calcular el tamaño de la muestra representativa para el presente estudio, se utilizará la siguiente fórmula estadística (Torres, Paz y Salazar 2012: 11):

$$n = \frac{N * Z_{\infty}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\infty}^2 * p * q}$$

Donde:

N = Numero de población

Z_∞² = 1,96 (nivel de confianza deseado del 95%)

p = 50%=0,50 (criterio conservador que maximiza el tamaño de la muestra)

q = 1- p =50% = 0,50

d = Precisión en este caso de 10%

Reemplazando los datos para una población de 1778 proyectos:

$$n = \frac{1778 * 1,96^2 * 0,50 * 0,50}{0,1^2 * (1778 - 1) + 1,96^2 * 0,50 * 0,50} = 91$$

Como mínimo se deberá obtener información de 91 proyectos de edificaciones en la ciudad de Lima.

Para lograr obtener la información mínima necesaria, se utilizará como unidad de análisis a los principales involucrados que participan durante la etapa de diseño de los proyectos de edificaciones.

Como principales involucrados se consideró al cliente/inversionista, gerente del proyecto, arquitecto, ingeniero estructural, ingeniero sanitario/especialista en diseño de redes de agua contra incendios (ACI), ingeniero mecánico e ingeniero eléctrico.

De un total de 122 encuestas realizadas, se logró obtener información de 100 proyectos. Cabe resaltar que, en algunos casos, los involucrados que respondieron las encuestas pertenecían al mismo proyecto, es por ello que el número de proyectos es menor que el número de encuestas realizadas.

2.2 Diseño de encuestas y plantillas de obtención de información

Como se menciona en el ítem 2.1, las encuestas propuestas están dirigidas a los principales involucrados que participan durante la etapa de diseño y tienen como objetivo obtener un diagnóstico real respecto sobre cómo se viene desarrollando la gestión visual y de las comunicaciones durante esa etapa.

Asimismo, con el interés de obtener información adicional sobre la influencia de los errores de diseño en etapas posteriores, dentro de la muestra en estudio también se consideró al contratista de obra y a los proveedores.

Debido a la existencia de diferentes involucrados durante la etapa de diseño, las preguntas que se plantean en las encuestas han sido ordenadas en cinco formatos, los mismos que se adjuntan en los anexos y que se describen de manera breve en la siguiente tabla:

Tabla 2.2.- Descripción de los formatos de encuestas propuestas.

| Nº ANEXO | FORMATO | DIRIGIDO A: |
|----------|--|--|
| 1 | Cliente del proyecto | Jefes/Coordinadores de proyectos por parte de las empresas inmobiliarias, así como personas que invierten en proyectos de edificaciones en la ciudad de Lima. |
| 2 | Gerente del proyecto | Jefes/Gerentes del proyecto por parte de la supervisión o gerencia del proyecto. |
| 3 | Arquitecto, Ing. Estructural, Ing. Eléctrico, Ing. Sanitario/Especialista ACI, Ing. Mecánico | Proyectistas de diversas especialidades que participan en el diseño de proyectos. |
| 4 | Contratista del proyecto | Ingenieros residentes de obra e ingenieros de campo. |
| 5 | Proveedores varios | Principales proveedores del proyecto (puertas, ventanas, equipos de aire acondicionado, bombas hidráulicas, luminarias, grupos electrógenos, ascensores, entre otros). |

Luego de definir la información que se desea presentar en el diagnóstico y a quiénes irían dirigidas las encuestas, se procedió a plantear una serie de preguntas, las cuales estarían divididas en cuatro bloques, tal como se describe en la figura 2.1.

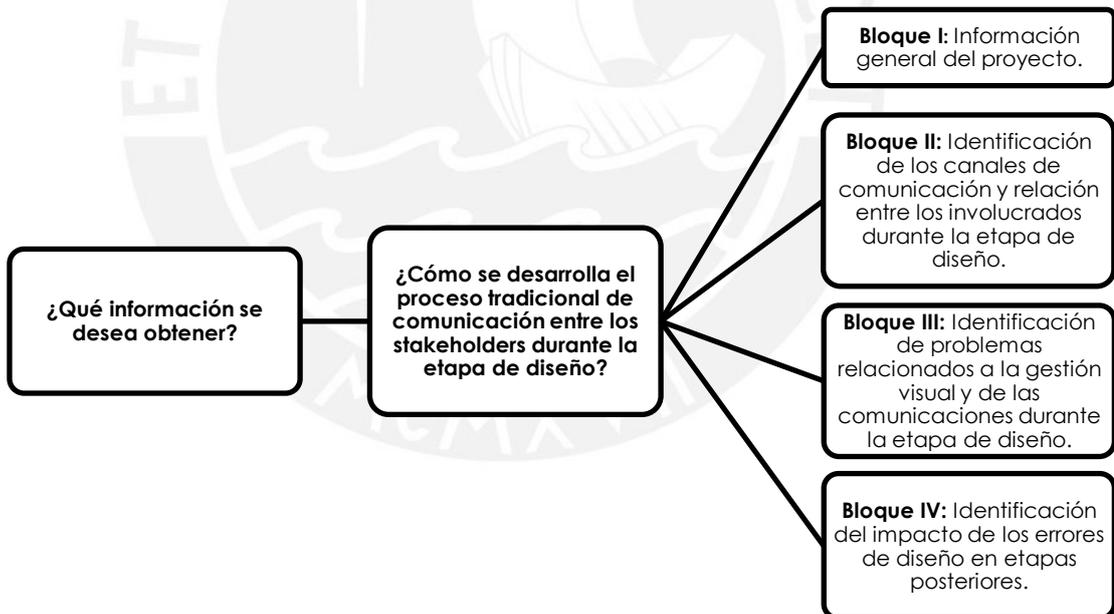


Figura 2.1.- Descripción de los bloques de preguntas propuestas para las encuestas.

2.3 Interpretación de los resultados obtenidos

A continuación, se presentará la interpretación de los resultados obtenidos de las preguntas propuestas en las encuestas. Cabe resaltar que dentro de cada bloque se añadieron preguntas adicionales que, a pesar de que no serán analizadas para la

propuesta a realizar en el capítulo 4, servirán como información de carácter complementario a las que se presentan en este capítulo (Ver Anexo N° 08).

2.3.1 Bloque 1: información general del proyecto

A. Cargo de los encuestados dentro del proyecto.-

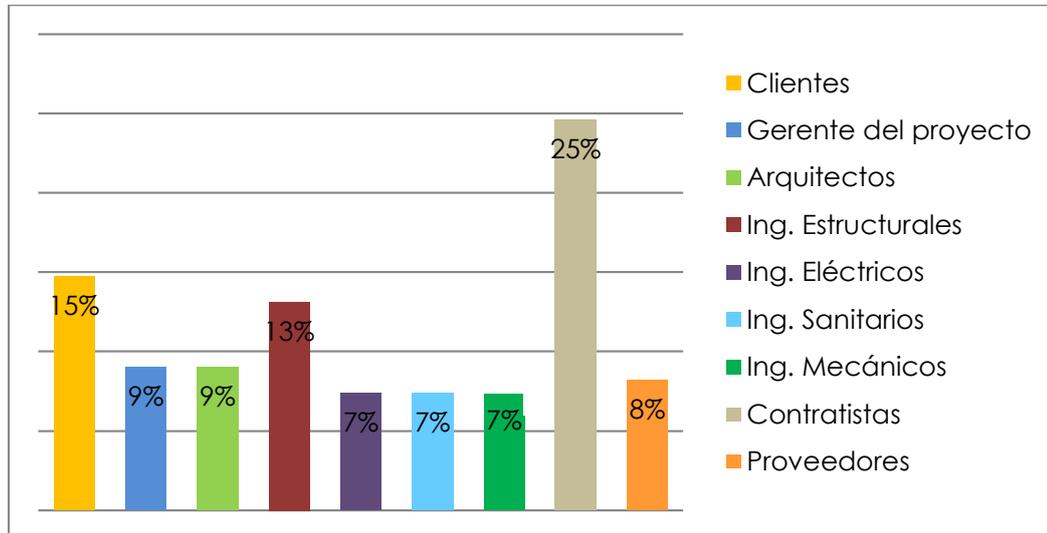


Figura 2.2.- Distribución de encuestados por especialidad o cargo dentro del proyecto.

Del total de 122 personas encuestadas, la mayor proporción de encuestas respondidas fueron la de los formatos dirigidos a los proyectistas que participaron durante la etapa de diseño, el cual corresponde al 43% del total, y al contratista del proyecto, el cual corresponde al 25% del total. El 32% restante corresponde a información obtenida de los formatos dirigidos al cliente, gerente del proyecto y a diversos proveedores del sector construcción.

B. Tipo de proyecto en el que participaron los encuestados.-

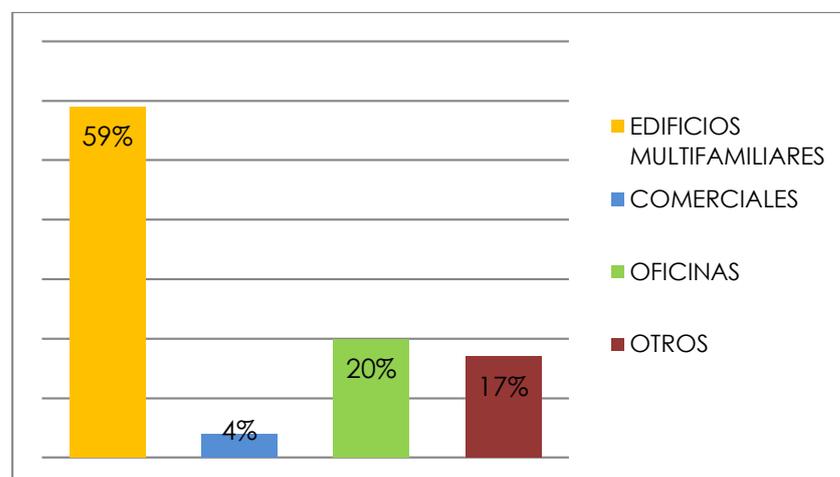


Figura 2.3.- Distribución de encuestas según el tipo de proyecto.

Otra de las preguntas de la encuesta estaba relacionada al tipo de proyecto en el cual habían participado los encuestados, resultando un 59% de edificios multifamiliares, 20% de proyectos de oficinas, 17% de otros proyectos (Edificaciones educativas, industriales, teatros, sótanos de estacionamientos y viviendas unifamiliares) y, finalmente, 4% correspondiente a proyectos comerciales. Esta tendencia porcentual se asemeja proporcionalmente a la información presentada en el XIX Estudio: “El mercado de edificaciones urbanas en Lima metropolitana y el Callao”, lo cual significa que la muestra aleatoria analizada logrará ser una buena representación de la población en estudio.

2.3.2 Bloque 2: identificación de los canales de comunicación y relación entre los involucrados durante la etapa de diseño

A. Sociograma del proyecto

Para mostrar e interpretar los resultados obtenidos acerca de los canales de comunicación y la interacción de los involucrados durante la etapa de diseño se utilizarán *sociogramas*¹. Esta técnica de análisis de datos concentra su atención en la forma en que se establecen los vínculos o conexiones dentro de un determinado grupo.

Para poder establecer los vínculos o canales de comunicación dentro de los sociogramas, se ha elaborado una matriz sociométrica en formato Excel, en la cual se ha ingresado información acerca de las relaciones entre los involucrados y la frecuencia de comunicación entre ellos. Dicha matriz se encuentra adjunta en el Anexo N°6.

Los involucrados que participan durante la etapa de diseño serán representados en los sociogramas mediante cuadrados de diferentes colores y una abreviatura en base a la siguiente tabla:

¹Fueron desarrollados en 1934 por psiquiatra rumano Jacob Levy Moreno, discípulo de Freud. Su primer uso fue como una herramienta con fines exploratorios de relaciones interpersonales en lugares laborales y de enseñanza. Actualmente es utilizada en diversos ámbitos organizacionales, desde pequeños colegios hasta empresas de gran importancia (Rodríguez et. al 2002:171).

Tabla 2.3.- Abreviaturas a utilizar en los sociogramas.

| ABREVIATURA | ROL |
|-------------|---------------------------------|
| CL | Ciente |
| GP | Gerente del proyecto |
| ARQ | Arquitecto |
| EST | Ing. Estructural |
| EL | Ing. Eléctrico |
| SA/ACI | Ing. Sanitario/Especialista ACI |
| ME | Ing. Mecánico |
| CO | Contratista |
| PR | Proveedores varios |

Asimismo, los canales y la frecuencia de comunicación entre involucrados se representarán mediante líneas de diferentes espesores. Una línea delgada de color gris representará que la comunicación entre ambos involucrados se realiza con poca frecuencia (1-2 veces al mes); una línea delgada de color negro; regular frecuencia (3-5 veces al mes); y una línea gruesa de color negro, mucha frecuencia (más de 5 veces al mes).

El sociograma del proyecto, el cual se muestra en la figura 2.4, se obtuvo mediante la integración y compatibilización de los sociogramas individuales de cada involucrado. Dichos sociogramas se encuentran adjuntos en el Anexo N°7.

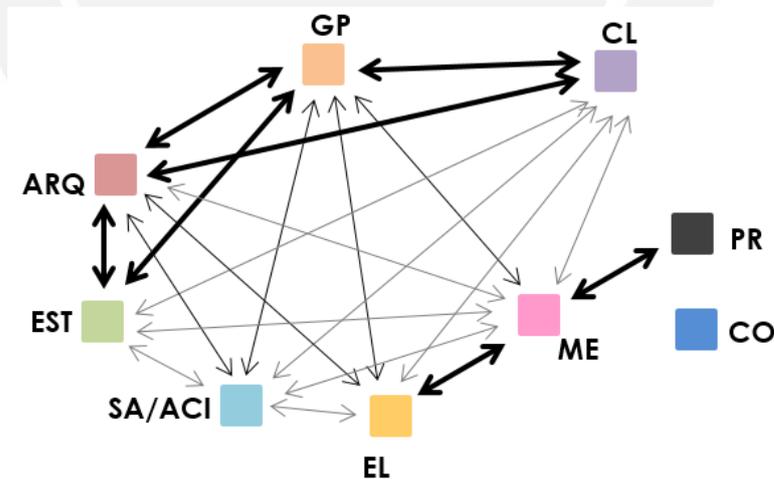


Figura 2.4.- Sociograma de los involucrados durante la etapa de diseño.

Como se puede observar, para todos los canales se ha considerado una comunicación bidireccional, esto significa que el emisor envía un mensaje por medio de un canal al receptor, quien lo recibe y envía una retroalimentación o respuesta. Como medios de comunicación se están considerando reuniones, llamadas telefónicas y correos electrónicos.

Analizando la frecuencia de la comunicación que tiene el gerente del proyecto, se puede considerar que en la mayoría de proyectos encuestados, el gerente del proyecto es el principal coordinador. Asimismo, es importante resaltar que la mayor frecuencia de comunicación que posee es con el cliente, el arquitecto y el proyectista estructural. Además, con regular frecuencia se comunica con el proyectista eléctrico, sanitario/ACI y mecánico.

Por otro lado, analizando los canales de diferentes frecuencias establecidos entre el arquitecto y las demás especialidades, se puede llegar a la conclusión de que las mayores coordinaciones de diseño se dan entre estas especialidades de arquitectura con estructuras. Asimismo, cabe resaltar que el principal encargado de realizar las coordinaciones de diseño con el proyectista mecánico es el proyectista eléctrico.

Finalmente, como se observa en el sociograma, no existe ningún canal de comunicación entre ninguno de los involucrados de la etapa de diseño con el contratista de obra. Sin embargo, existe un canal de comunicación de mucha frecuencia entre el proyectista eléctrico con los proveedores de equipos y materiales relacionados a su especialidad.

B. ¿Cuántas reuniones tiene, durante la etapa de diseño, en las cuales participen, por lo menos, 80% de los principales involucrados del proyecto?

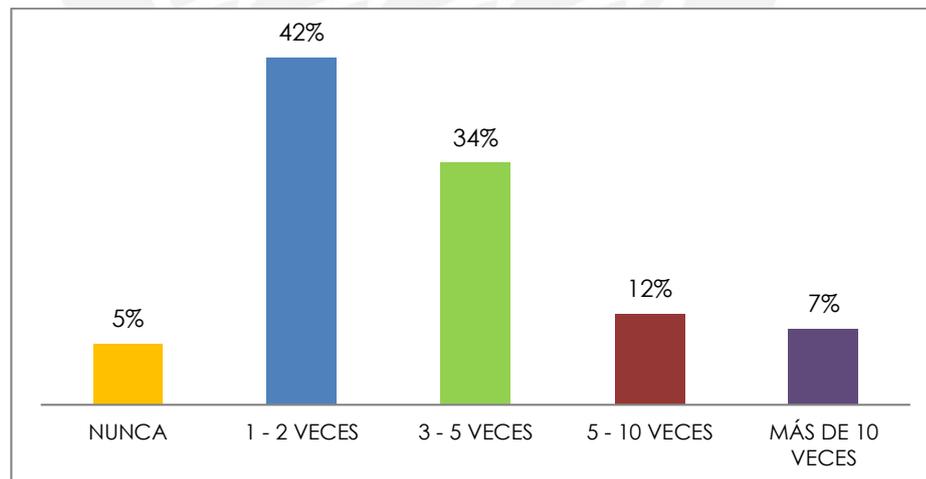


Figura 2.5.- Total de reuniones colaborativas durante la etapa de diseño

Los resultados indican que en el 42% de proyectos encuestados solo se realizan entre una a dos reuniones en la cual participan como mínimo el 80% de los principales involucrados de la etapa de diseño. Asimismo, un 34% de los proyectos encuestados se realizan entre tres a cinco reuniones colaborativas. Cabe resaltar

que, en menor proporción, hay proyectos en los que nunca se ha realizado una reunión en la que participen la mayoría de involucrados de la etapa de diseño.

2.3.3 Bloque 3: identificación de problemas relacionados a la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño

A. ¿Se involucra al contratista y a los proveedores durante la etapa de diseño?

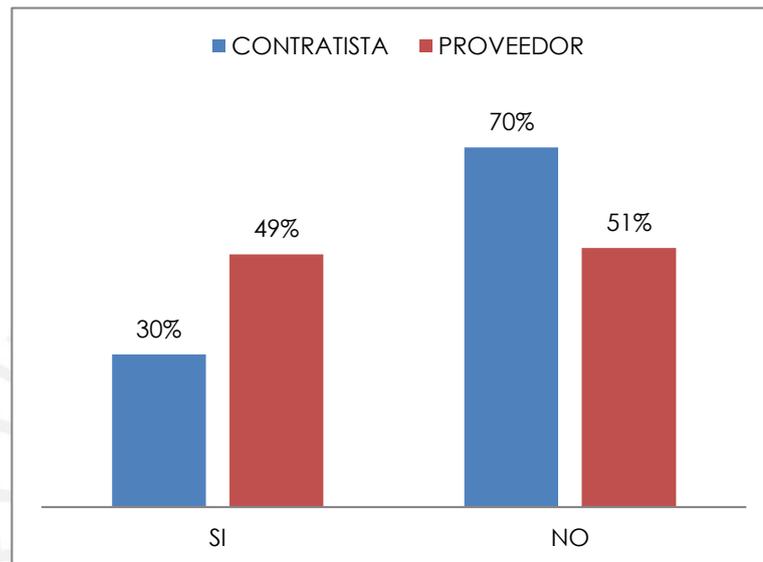


Figura 2.6.- Participación de involucrados de etapas tardías en la etapa de diseño.

Los resultados indican que en la mayoría de proyectos en nuestra ciudad aún no se integra la participación de los involucrados encargados de la ejecución de obra durante la etapa de diseño.

Es importante señalar que una de las principales barreras hacia la integración del contratista en la etapa de diseño es la manera tradicional como se desarrollan los proyectos en nuestro país. La secuencia normal es que el contratista inicie su participación luego de ganar un proceso de licitación, el cual inicia cuando el cliente, con ayuda de los proyectistas, termina de elaborar el expediente técnico del proyecto, es decir, cuando la etapa de diseño ha culminado. No obstante, es importante recalcar que existen casos en los que se ha logrado integrar a ingenieros con experiencia en ejecución de obras dentro de reuniones de diseño del proyecto. Esta integración se está dando en empresas inmobiliarias que, además de contar con una gerencia de desarrollo inmobiliario, cuentan con una gerencia de operaciones o construcción.

B. ¿Qué sucede al momento de que los especialistas realizan su propuesta de diseño?

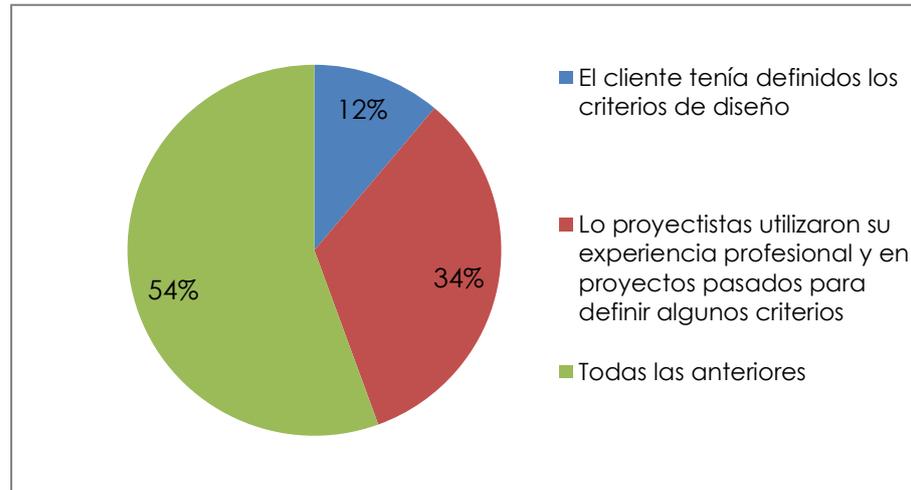


Figura 2.7.- Definición de los criterios de diseño del proyecto.

Uno de los principales problemas que sucede durante la etapa de diseño es cuándo los proyectistas deben plasmar las solicitudes del cliente dentro de sus propuestas de diseño. Como se puede observar en el gráfico, en la mayoría de proyectos se da el caso que el cliente establece algunos criterios de diseño y que el proyectista utiliza su experiencia profesional y en proyectos pasados. Además, se puede considerar que el 88% de los proyectistas utilizan su experiencia en proyectos anteriores para definir criterios adicionales.

Según explicaron algunos encuestados, realizar el diseño de diferentes proyectos a una misma empresa inmobiliaria les permite utilizar los mismos criterios para los productos que desea ofrecer dicha empresa. No obstante, utilizar el mismo criterio para diferentes productos, a pesar de que estén dirigidos a un mismo usuario final, no les permite a los proyectistas mejorar sus propuestas o tener en cuenta los errores y retrasos que se ocasionaron durante la ejecución debido a planos de proyectos pasados mal compatibilizados, con falta de especificaciones y falta de consideración de detalles constructivos.

C. ¿Cuántas opciones de diseño proponen los proyectistas?

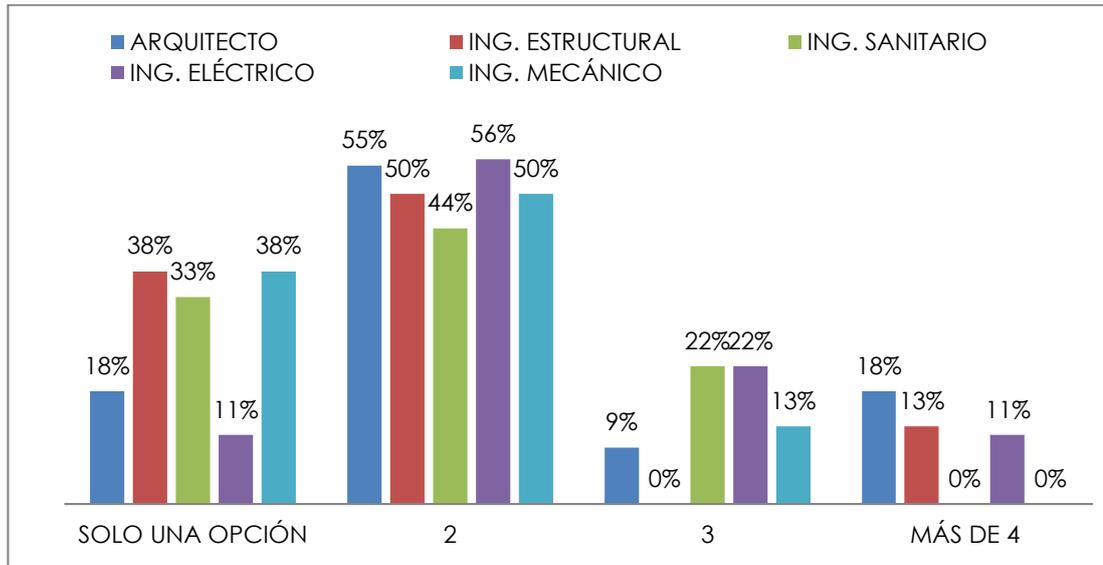


Figura 2.8.- Opciones de diseño propuestas por cada proyectista.

Como se muestra en el gráfico 2.8, la mayoría de proyectistas presenta dos opciones de diseño al cliente. No obstante, también se observa que entre el 30% y 40% de proyectistas estructurales, sanitarios y mecánicos solo proponen una opción de diseño para su especialidad, lo cual limita al cliente a no poder elegir entre múltiples alternativas que satisfagan los objetivos económicos de su proyecto.

D. ¿Qué herramientas o software se utilizan durante las reuniones en la etapa de diseño?

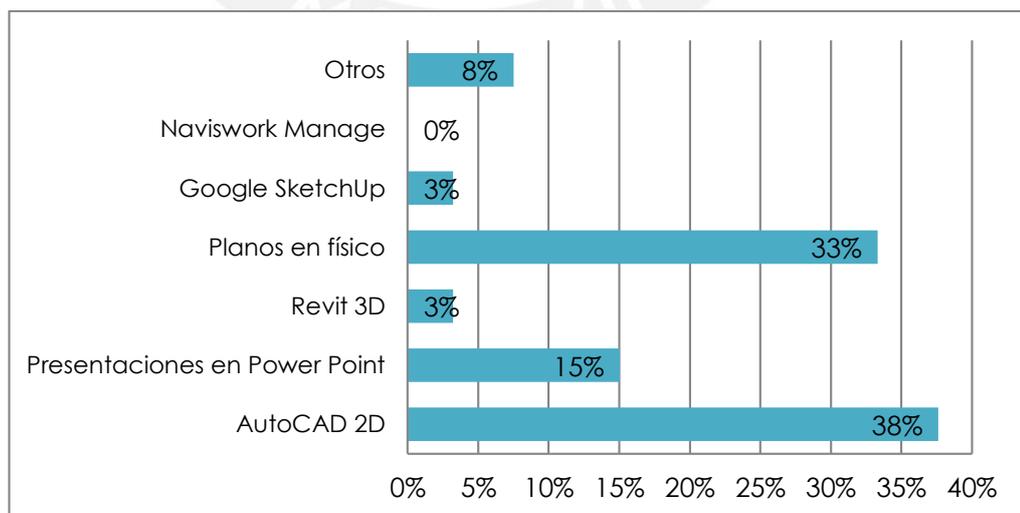


Figura 2.9.- Herramientas visuales utilizadas durante la etapa de diseño.

La siguiente pregunta fue respondida por gerentes del proyecto y proyectistas. Como se puede observar, aún existe una fuerte tendencia a que se utilicen como principales herramientas visuales durante la etapa de diseño planos en AutoCAD 2D y planos del proyecto en físico. Asimismo, solo el 6% respondió que se utilizaron herramientas 3D en los proyectos que participaron (Google SketchUp y Revit 3D). En ningún caso se utilizó herramientas de simulación 4D y 5D como el Navisworks Manage.

E. ¿Las herramientas de visualización que utilizan los involucrados en la etapa de diseño permiten realizar modificaciones y/o hacer contribuciones de manera rápida y sencilla?

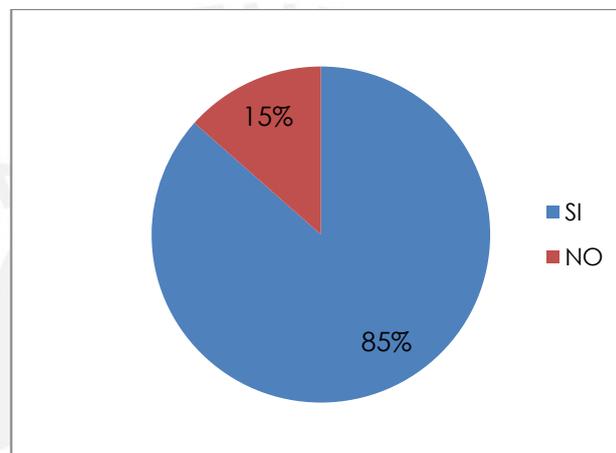


Figura 2.10. - Efectividad de las herramientas de visualización utilizadas.

Según los resultados, el 85% de los encuestados afirma que las herramientas de visualización utilizadas por involucrados les permiten realizar modificaciones y contribuciones de manera rápida y sencilla. El 15% que no estaba de acuerdo afirman que hubieran preferido el uso de software de dibujo 3D, ya que los planos en 2D que se utilizaron no mostraban la complejidad del proyecto ni las interferencias, lo cual no permitió realizar una correcta compatibilización entre los planos de las diversas especialidades.

F. ¿Qué tan adecuado es el ambiente en el que se desarrollan las reuniones?

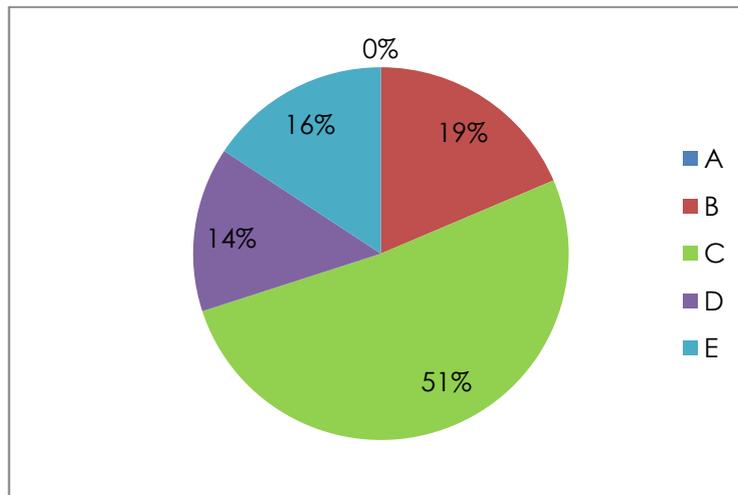


Figura 2.11.- Descripción del ambiente en el que se desarrollaban las reuniones.

Tabla 2.4.- Descripción de las opciones de respuesta a la figura 2.13.

| LETRA | DESCRIPCIÓN |
|-------|---|
| A | Ningún especialista contaba con recursos tecnológicos ni impresos, la ubicación de las mesas y sillas no permitía visualizar lo presentado en la reunión. |
| B | Se contaba con planos impresos, la ubicación de las mesas y sillas no permitía visualizar lo presentado en la reunión. |
| C | El arquitecto contaba con una laptop y un proyector, se contaba con pizarra o paleógrafos que servían para anotar ideas que surgían durante la reunión. |
| D | Cada especialista contaba con todos los recursos tecnológicos necesarios, se contaba con una pizarra o papelógrafos que servían para anotar ideas que surgían durante la reunión, la ubicación de las mesas y sillas permitía visualizar lo presentado en la reunión. |
| E | Cada especialista contaba con todos los recursos tecnológicos necesarios, se contaba con una pizarra o papelógrafos que servían para anotar ideas que surgían durante la reunión, la ubicación de las sillas y mesas permitía observar lo presentado, se utilizaron softwares de dibujo y visualización 3D. |

Los resultados muestran que en el 51% de los proyectos, el arquitecto es quien dirige las reuniones de diseño. Además, para anotar ideas, acuerdos o realizar cálculos, se cuenta con una pizarra o papelógrafos. Esta descripción se podría considerar como el ambiente tradicional en el que se desarrollan las reuniones de diseño.

Por otro lado, en menor proporción, hay proyectos en los que se realizan reuniones colaborativas, en donde la ubicación de las sillas y mesa son idóneas para que todos los participantes observen las presentaciones y se utilizan software de visualización 3D. Este ambiente se podría considerar como el ambiente más adecuado en el que se puede lograr un trabajo colaborativo de diseño, ya que concuerda con dos aspectos muy importantes, la visualización del proyecto en 3D y la participación simultánea por parte de todos los proyectistas. No obstante, existe un porcentaje de

proyectos en los que no se cuenta con un ambiente adecuado de trabajo, ya que no se utiliza ninguna herramienta de visualización y no todos los participantes están enfocados a ver lo que se está presentando en la reunión.

G. ¿Cuáles son los medios de comunicación más utilizados al momento de realizar consultas al gerente del proyecto y los especialistas involucrados en el proyecto?

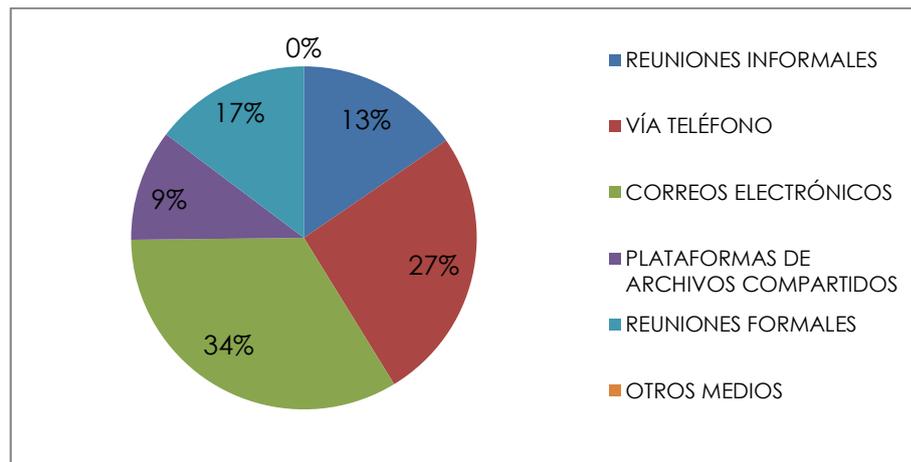


Figura 2.12. - Medios de comunicación.

Los resultados muestran que el 34% del total de respuestas utiliza correos electrónicos como medio de comunicación para realizar consultas a los diferentes involucrados durante la etapa de diseño. Tal vez esta preferencia esté relacionada a la posibilidad de enviar archivos adjuntos como planos, documentos e imágenes que posee este medio de comunicación. Sin embargo, el 27% afirma que también realiza consultas vía llamadas telefónicas. En este caso, una ventaja que poseen las llamadas telefónicas sobre los correos electrónicos es la velocidad con la que se puede absolver una duda, lo cual facilita el flujo de información. Es importante señalar que el 30% de respuestas realiza consultas cara a cara, ya sea por medio de reuniones informales o formales; no obstante, solo el 17% de ellos documenta y da seguimiento a los acuerdos realizados en las reuniones entre proyectistas. Finalmente, fueron pocas las respuestas que utilizan plataformas de archivos compartidos como intranets, nubes de cómputo de Internet (Cloud computing), entre otros.

H. ¿Qué tan eficiente es el flujo de información durante la etapa de diseño?

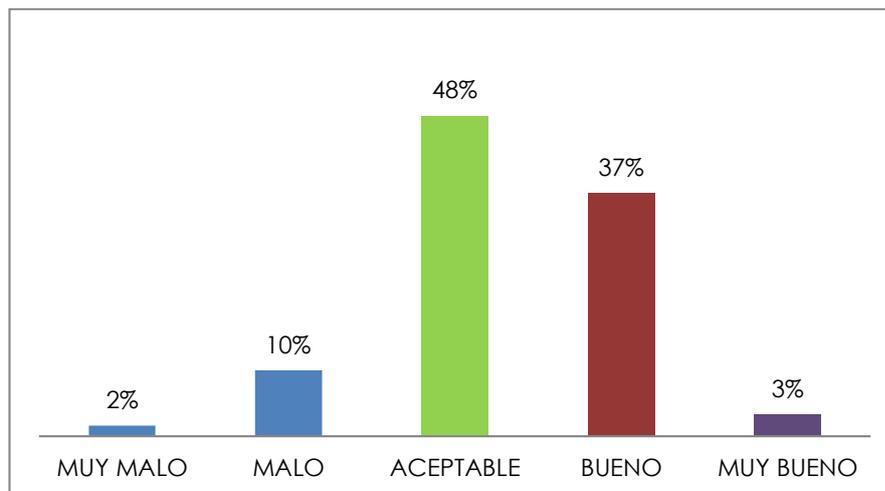


Figura 2.13.- Flujo de información durante la etapa de diseño.

Desde el punto de vista de los encuestados, el flujo de información durante la etapa de diseño es considerado como aceptable. Es decir, que la comunicación durante esta etapa cumplió con las necesidades básicas por parte de los involucrados; sin embargo, no se descarta que hubiera disconformidad en ciertos aspectos que se podrían considerar como las causas de los tiempos de espera y re trabajos (iteraciones negativas).

I. ¿Se lleva un control o registro de las actualizaciones de los planos?

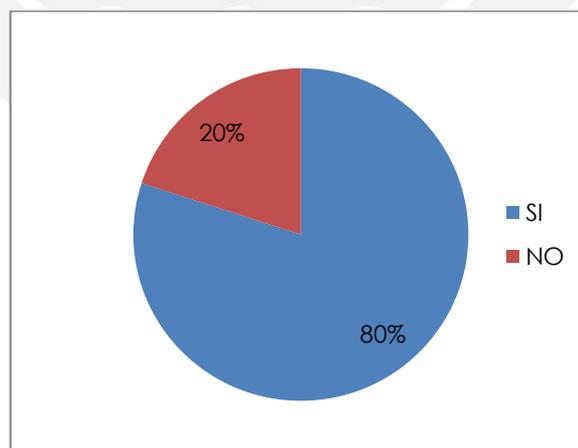


Figura 2.14.- Control de las actualizaciones de los planos del proyecto.

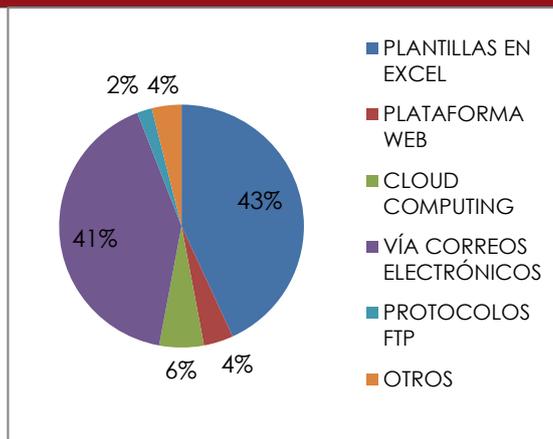


Figura 2.15.- Medios de control de actualización de planos.

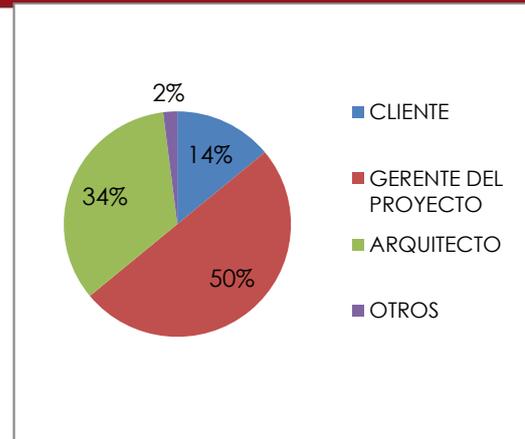


Figura 2.16.- Responsable del control de las actualizaciones de los planos.

En el 80% de los proyectos se lleva un control de las actualizaciones de los planos elaborados de las diferentes especialidades. Sin embargo, existen proyectos en los que no se lleva ningún control.

Por otro lado, con relación a los medios de control, lo más común es utilizar plantillas en Excel y correos electrónicos. Este resultado es congruente con los obtenidos en la figura 2.13, en el que el medio de comunicación con mayor proporción era vía correos electrónicos. En relación a los resultados sobre quién era el responsable de llevar el control de las actualizaciones de los planos, en el 50% de proyectos, el gerente del proyecto es quien está encargado.

De manera adicional, se consideraron dos preguntas cuyo objetivo era saber quién estaba encargado de informar sobre las actualizaciones de planos y de asegurar que los proyectistas estén trabajando con la última versión. Los encuestados respondieron que la misma persona responsable de llevar el control de las actualizaciones de los planos era quien se encargaba de ambas labores adicionales.

2.3.4 Bloque 4: identificación del impacto de los errores de diseño en etapas posteriores

A. ¿Entre los planos de qué especialidades se encuentra mayor cantidad de incompatibilidades y falta de especificaciones?

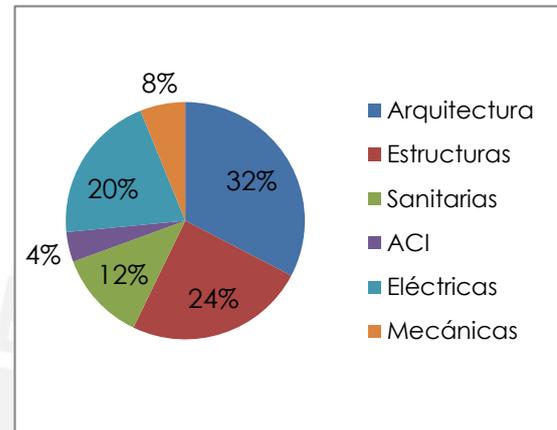
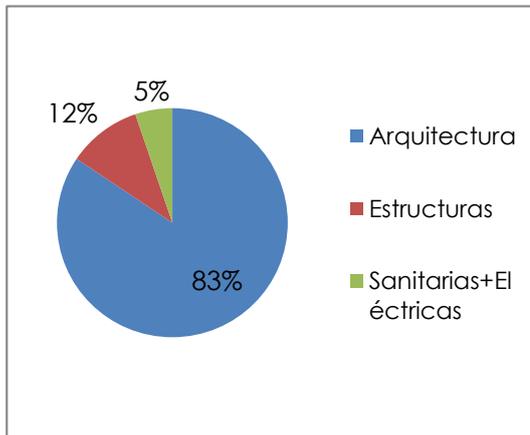


Figura 2.17.- Incompatibilidades entre planos de las diferentes especialidades

Figura 2.18.- Falta de especificaciones en planos.

Como se puede observar en la gráfica, la mayor cantidad de incompatibilidades se da entre los planos de arquitectura con las demás especialidades. Cabe resaltar que del 83% que se muestra en la gráfica, el 30% son incompatibilidades entre planos de arquitectura con estructuras, el 20% con planos sanitarios, el 18% con los planos eléctricos, el 9% con los planos de instalaciones mecánicas y el 6% con los planos de agua contra incendios. Por otro lado, en la figura 2.19 se observa que la mayor cantidad de problemas debido a falta de especificaciones se ocasionan al momento de revisar los planos de arquitectura y estructuras del proyecto. En una menor proporción, también se puede observar que se ocasionan problemas debido a falta de especificaciones en los planos instalaciones eléctricas y sanitarias. Estos resultados dan evidencia de que aún no se logra una correcta coordinación ente los especialistas durante la etapa de diseño.

B. ¿Cuánto influyen los errores que se generan en la etapa de diseño en etapas posteriores?

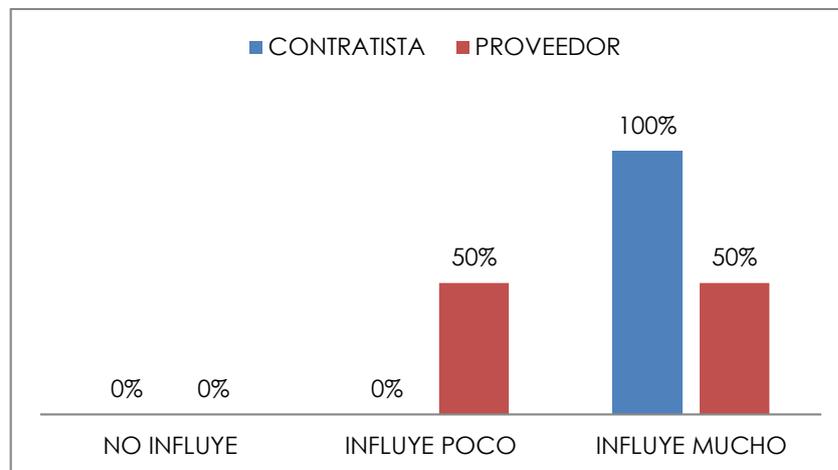


Figura 2.19.- Influencia de los errores de diseño en etapas posteriores

Los resultados muestran que, desde el punto de vista del contratista de obra, los errores, la falta de compatibilización entre planos y la falta de especificaciones en los mismos influyen mucho en el flujo de información y de trabajo durante la construcción. Por otro lado, los proveedores que respondieron la encuesta consideran que los problemas que se pudieron ocasionar durante la construcción influye poco en el cálculo de sus pedidos y en los tiempos de entrega de los mismos.

CAPITULO 3: MARCO TEÓRICO

3.1 Comunicación dentro de los proyectos

3.1.1 El proceso de comunicación

La comunicación se puede definir como un proceso de transmisión de información, datos, ideas, opiniones y actitudes de un emisor a un receptor, a través de un medio. Durante la transmisión y la recepción de esa información se utiliza un código específico, el cual debe ser codificado por el emisor y decodificado por el receptor (FUAM 2012:05).

Un principio fundamental que se debe tener en cuenta es que todas las comunicaciones se generan entre las personas. Esto quiere decir que, si un informe que ha sido escrito, archivado y no ha sido leído, no puede ser considerado como comunicación. Para que pueda ser considerado como comunicación, la información debe ser recibida y comprendida por alguien (Weaver 2007: 03).

El proceso de comunicación se basa en una estructura o modelo, la cual posee diversos componentes (factores de transmisión, y personas involucradas). En primer lugar, entre los componentes que forman parte de la estructura o modelo de comunicación, se mencionan los siguientes:

- a) Emisor: persona o personas que inician la comunicación mediante la emisión de un mensaje.
- b) Receptor: persona o personas que reciben el mensaje.
- c) Mensaje: contenido de la información que el emisor desea transmitir al receptor.
- d) Canal: medio por el que se envía el mensaje.
- e) Código: signos, símbolos, palabras orales o escritas y reglas empleadas para enviar el mensaje.
- f) Contexto: situación en la que se produce la comunicación.

En segundo lugar, la estructura o modelo básico del proceso de comunicación se muestra en la figura 3.1.1. Cabe resaltar que los modelos utilizados para facilitar el intercambio de información pueden variar según el contexto en el que se produce la comunicación. Asimismo, puede suceder que el emisor y receptor pertenezcan a

grupos sociales, entornos u organizaciones distintas; al darse el intercambio de comunicación, la forma en que se envían y reciben los mensajes se verá afectada por el sistema social y de valores que engloban al emisor y receptor (McQuail 1981: 35).

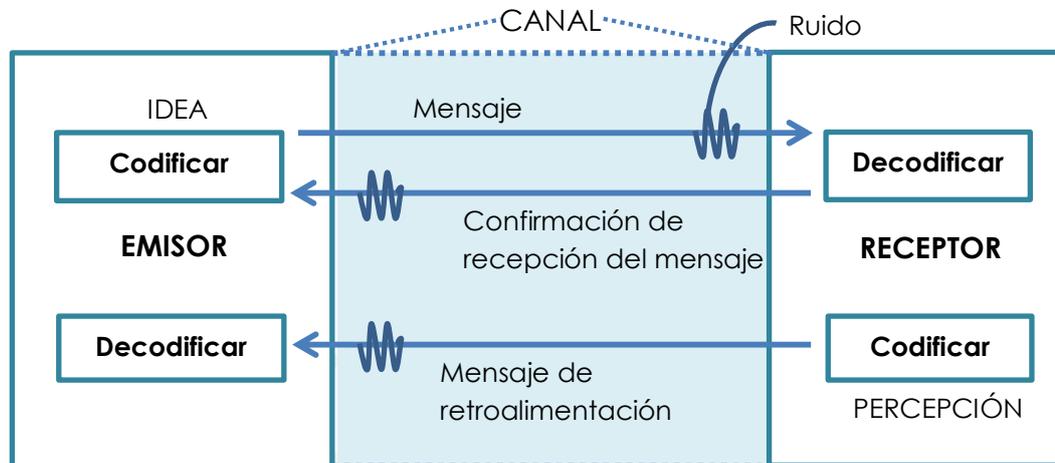


Figura 3.1.1.- Estructura o modelo básico de comunicación
(Adaptado de: Weaver 2007: 05)

3.1.2 Tipos de comunicación

3.1.2.1 Comunicación verbal

La comunicación verbal es aquella que utiliza la palabra hablada o escrita como medio de expresión. Asimismo, puede realizarse de dos formas:

- a) Comunicación oral.- Tiene la capacidad de utilizar la voz, los gestos y todos los recursos de expresividad de movimiento del hablante. Asimismo, es una comunicación dinámica, en el que el emisor interactúa hablando y escuchando al receptor, y viceversa (Fonseca, Correa, Pineda y Lemus 2011: 13). Entre los principales medios de comunicación oral se encuentran las reuniones, los debates, las negociaciones, conferencias, entrevistas, video llamadas y llamadas telefónicas.
- b) Comunicación escrita.- Utiliza palabras escritas y signos de puntuación. Asimismo, este tipo de comunicación exige el uso correcto de la sintaxis, morfología y una mayor precisión semántica (Fonseca, Correa, Pineda y Lemus 2011: 14). Su mayor ventaja está en la posibilidad que le da al emisor y receptor de reflexionar hasta que estén seguros de lo que quieren comunicar y de la permanencia de dicha información en el tiempo (Alarcón y Campero 2013: 173). Entre los

principales medios de comunicación escrita se encuentran las cartas, certificados, informes, correos electrónicos y mensajes de texto.

3.1.2.2 Comunicación no verbal

Es aquella que no utiliza la palabra sino el lenguaje corporal. En general, se utiliza consciente e inconscientemente para reforzar los mensajes orales (Alarcón y Campero 2013: 174). Entre las formas de comunicación no verbal se encuentra la postura, los movimientos corporales, los gestos físicos del cuerpo, la expresión facial, entonación, las inflexiones de la voz al hablar como el tono, volumen, rapidez, calidad o claridad.

3.1.3 Elementos para lograr una comunicación efectiva

La comunicación eficaz entre dos personas se produce cuando el receptor interpreta el mensaje en el sentido que pretende el emisor. Para lograr que esto suceda, se deben tener en cuenta algunos elementos.

En primer lugar, se debe diseñar el mensaje correcto. Este mensaje no debe ser el que el emisor desea enviar, debe ser el mensaje que el receptor esté preparado para recibir y responder. Para lograr esto, es necesario que el emisor piense desde la perspectiva de los receptores y relacione sus necesidades con las de ellos (Weaver 2007: 05).

En segundo lugar, se debe seleccionar el medio o canal más apropiado para enviar el mensaje. Dicho canal debe ser de fácil acceso y uso para el receptor, asimismo, debe asegurar que el mensaje sea recibido por la persona seleccionada (Weaver 2007: 05).

En tercer lugar, se debe diseñar un mensaje que sea fácil de recordar y cuya idea central sea comprendida de forma sencilla por los receptores (Weaver 2007: 09). Para lograr esto, se debe diseñar un mensaje con las siguientes características:

- ✓ Ser simple: el mensaje debe ser de fácil procesamiento para el receptor (Weaver 2007: 09).

- ✓ Ser inesperado: la comunicación funciona capturando y manteniendo la atención de alguien; el receptor tiene que aprender algo nuevo e interesante durante el proceso de comunicación (Hovland 2005: 34).
- ✓ Ser concreto: el mensaje tiene que tratar sobre algo real o tangible para el receptor (Weaver 2007: 09).
- ✓ Ser creíble: la comunicación se debe basar en realidades y conocimientos, no en evidencias falsas, distorsionadas o irrelevantes; es necesario obtener información verídica y completa sobre lo que se va a comunicar o informar (Rosas 2005: 06).
- ✓ Ser persuasivo: el emisor debe buscar lograr una correspondencia emocional con el receptor mediante una comunicación empática (Hovland 2005: 35).
- ✓ Ser coherente: el mensaje necesita estar dentro de un contexto y tener una continuidad con información enviada previamente (Weaver 2007: 09).

Finalmente, se debe buscar minimizar el ruido innecesario durante el proceso de comunicación. El ruido puede ocasionar que el receptor se distraiga o malinterprete el contenido del mensaje (Weaver 2007: 05).

3.1.4 Relación e influencia de los involucrados en el proceso de comunicación

Uno de los factores que afecta a las comunicaciones dentro de un proyecto son las relaciones entre los diversos involucrados de un proyecto. Es por ello que es importante tener en cuenta los tipos de flujo de comunicación que se pueden desarrollar entre los involucrados de un proyecto. Según la dirección del flujo de información, la naturaleza de la comunicación y el contenido de la información, se pueden generar distintos tipos de comunicación, los cuales se describen a en la tabla 3.1.1.

Tabla 3.1.1.- Tipos de flujo de comunicación que se puede generar según las características de los involucrados

| SEGÚN | TIPO | DESCRIPCIÓN |
|---|----------------------|--|
| Dirección en la que fluye la comunicación | Horizontal | Es aquella comunicación que se da entre grupos de trabajo o personas que están en el mismo nivel jerárquico, es menos formal, y se difunde con amplitud y rapidez. |
| | Vertical descendente | Es aquella cuya información fluye hacia abajo en la estructura jerárquica de una organización. Una de sus desventajas es que, mientras el mensaje va llegando en cascada a través de mandos intermedios, se puede ir degradando con respecto del original. |
| | Vertical ascendente | Es aquella cuya información fluye hacia arriba en la estructura jerárquica de la organización. Incluye información a los niveles superiores acerca de opiniones, sugerencias, ideas, propuestas, quejas y problemas. Se puede considerar como la retroalimentación de la comunicación descendente. |
| Naturaleza de la comunicación | Interna | Es el intercambio de información planificado de mensajes dentro de una organización o empresa. |
| | Externa | Es el intercambio de información entre una organización o empresa con los involucrados externos de un proyecto. |
| Contenido de la información | Formal | Es aquella que se da de carácter formal, siguiendo las reglas que impone un grupo. |
| | Informal | Es el intercambio de información que traduce las órdenes formales a un lenguaje más accesible, lo cual hace que el proceso de comunicación sea más rápido y flexible. |

3.1.5 Barreras que impiden una comunicación efectiva

En toda comunicación existen barreras que impiden que esta se realice con efectividad. Es por ello que para poder establecer medidas de control, reducción o eliminación de dichos obstáculos, es importante tenerlas en cuenta o detectarlas durante etapas tempranas del proyecto.

- a) Filtración: sucede cuando el cerebro manipula y filtra la información que no encuentra relación o relevancia con el tema central en el que se está pensando. Es responsabilidad del emisor revisar de manera rutinaria la percepción del receptor con respecto a los mensajes que ha recibido (Weaver 2007: 07).
- b) Emociones: el pensamiento racional de una persona puede ser sustituido por juicios emocionales que obstaculicen la interpretación de un mensaje, esto dependerá del estado de ánimo en el que se encuentre la persona (alegre, triste, aturdido, neutral, entre otros).

- c) Cultura: normas de comportamiento inherentes a cada persona. La cultura de una persona puede influenciar en la forma en que se envían y reciben los mensajes y los filtros que utiliza la mente de los emisores y receptores (Weaver 2007: 07).
- d) Interferencias físicas: interferencias que ocurren en el ambiente donde se realiza la comunicación, como la existencia de ruido, contar con un inadecuado ambiente de trabajo, no contar con internet inalámbrica ni proyectores dentro de la sala de reuniones.

3.2 Gestión visual

3.2.1 Definiciones previas

El pensamiento visual es algo innato a la condición humana, desde sus primeros años de vida, el ser humano ha realizado representaciones visuales, para expresar ideas, contar historias, afrontar y solucionar problemas. En el gráfico 3.2.1 se muestra una línea de tiempo con el uso que diferentes culturas y personas le han dado a las herramientas visuales a lo largo de los años.

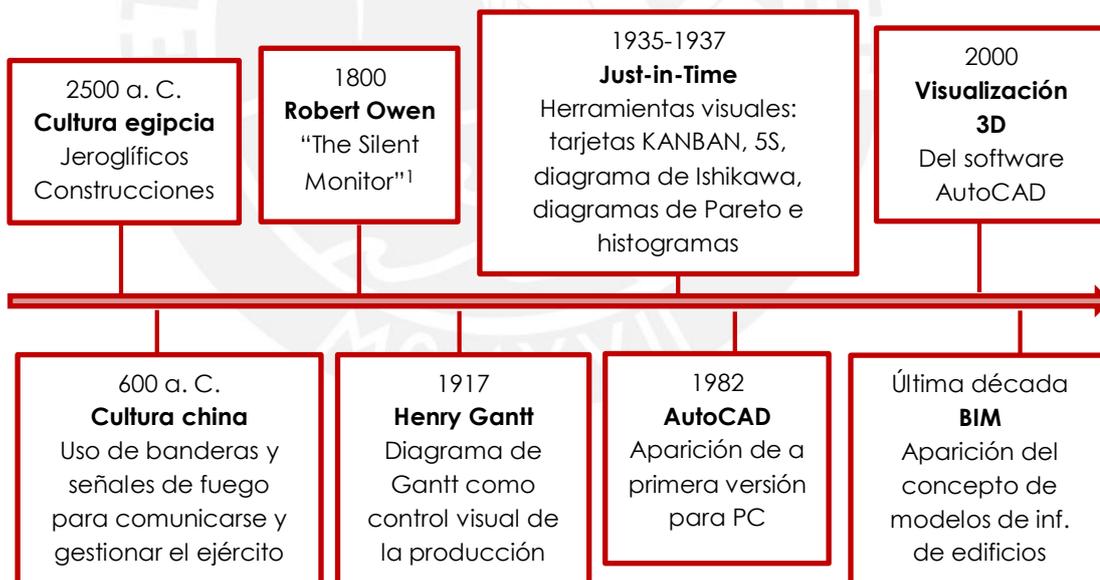


Figura 3.2.1.- Evolución de la comunicación y herramientas visuales.

¹Pequeño bloque de madera de cuatro lados de colores diferentes, el cual era utilizado como medio para imponer disciplina. El lado de color negro representaba un mal comportamiento; el de color azul, un comportamiento indiferente; el de color amarillo, buen comportamiento; el color blanco, excelente comportamiento. Los superintendentes de las fábricas estaban encargados de revisar los bloques todos los días y definir un color, de acuerdo al desempeño de cada trabajador.

A pesar del notable desarrollo de la gestión y herramientas visuales a lo largo de los años, aún existe un espacio dentro de las actividades cotidianas donde el intercambio gráfico aún no cobra la importancia que debería: los proyectos. Con el objetivo de aclarar cómo se relaciona la gestión visual con el desarrollo de la comunicación dentro de los proyectos, se presenta la definición de la gestión visual, desde los puntos de vista de diferentes autores:

- La gestión visual significa utilizar ayudas visuales para mejorar los procesos de comunicación y promover la mejora continua dentro de un proyecto, proceso u organización (Brady et al. 2014: 02).
- La gestión visual se plantea como una estrategia de gestión para la mejora de una organización, el control y la medición, la cual utiliza ayudas visuales para externalizar la información, mejorar la comunicación y la transparencia de información en el lugar de trabajo (Tezel et al. 2010: 470).

Finalmente, la comunicación escrita y oral no pueden ser reemplazadas por herramientas visuales, sino que deben complementarse. Esto debido a que el hombre genera acciones a través del diálogo como la creación de compromisos, el intercambio de opiniones y una mejor toma de decisiones (Castro 2010: 05).

3.2.2 Funciones de la gestión visual

La gestión visual cuenta con una amplia gama de funciones, la cuales se resumen en la tabla 3.2.1.

Tabla 3.2.1.- Funciones de la gestión visual.
(Adaptado de: Tezel et al. 2009: 04)

| FUNCIÓN | DEFINICIÓN |
|----------------------------------|--|
| TRANSPARENCIA | La habilidad de hacer que la información relacionada a un proceso fluya de manera visible y comprensible de principio a fin a través de métricas y la exhibición pública de la información (Formoso 2002: 38). |
| DISCIPLINA | Hacer un hábito de mantener de manera apropiada los procedimientos correctos. Por ejemplo, la actualización periódica de los resultados de rendimiento de una persona o equipo de una estación de trabajo, no solo se refleja el status del trabajo, sino también se transmiten mensaje más profundos a las personas como: "Vemos sus esfuerzos y estamos conscientes de su performance actual". |
| MEJORA CONTINUA | Es un proceso de innovación incremental, enfocado y sostenido dentro de un equipo de trabajo u organización. |
| FACILITACIÓN DEL TRABAJO | Cuando la cantidad de información necesaria para completar una tarea excede la capacidad de memoria de trabajo, esta debe estar disponible en el mundo físico a través de herramientas visuales. |
| FORMACIÓN LABORAL | Integrar el trabajo con el aprendizaje (Sumner et al. 1999:01). Mediante el uso de herramientas visuales se puede lograr que la gente absorba la información del entorno de una manera más fácil y rápida. |
| CREACIÓN DE PROPIEDAD COMPARTIDA | Permite crear equipos de trabajo y designar territorios. |
| GESTIÓN BASADA EN HECHOS | Ayuda a eliminar los monopolios de información dentro de una organización. Asimismo, al mostrar de manera visual las métricas de rendimiento, queda claro quién está contribuyendo, quién ha mejorado y quién ha empeorado su performance. Esto facilita que las personas hagan frente a sus propias realidades de rendimiento en lugar de buscar un culpable. |
| SIMPLIFICACIÓN | Identifica la estructura, patrones, tendencias, anomalías y relaciones en un conjunto de datos y ayuda en la identificación de áreas de interés. Asimismo, mantiene una organización centrada en el seguimiento, simplificación y presentación efectiva de información de calidad. |
| UNIFICACIÓN | Facilita la creación de una organización "sin fronteras", en donde la gente puede simpatizar y empatizar con los demás es fundamental para mejorar la calidad de la comunicación en una organización (Nonaka y Konno 1998: 40). |

3.2.3 Dimensiones colaborativas de las herramientas visuales

Las dimensiones colaborativas sirven como lineamientos de clasificación de las herramientas visuales. Asimismo, es importante señalar que una herramienta o diagrama que tenga la más alta puntuación en todas su dimensiones, no necesariamente es considerada como la mejor o la más efectiva. La combinación óptima de puntuaciones de una herramienta o diagrama en sus diferentes dimensiones puede cambiar radicalmente de acuerdo a las actividades en los que son utilizadas, como las actividades de generación de ideas, tomas de decisión, planificación y análisis de información (Bresciani et al. 2008a: 04).

A continuación, se procede a describir las siete dimensiones colaborativas:

- a) Impacto visual (¿Qué tan atractiva es la visualización?): Es alto si la herramienta visual es memorable o atrae la vista de los receptores. No obstante, utilizar diagramas de alto impacto visual puede ser contraproducente, ya que puede provocar que los receptores dispersen su atención. Por otro lado, es bajo cuando la herramienta visual es de simple o baja calidad. Un impacto visual agradable se obtiene cuando se logra atraer la atención del receptor, inspirar creatividad y aumentar el apoyo mnemotécnico sobre el tema central del mensaje (Bresciani et al. 2008b: 02).
- b) Claridad (¿Es la visualización de fácil comprensión?): Es alta si el mensaje que se desea transmitir por medio de la herramienta visual se puede entender a primera vista. Por otro lado, es baja cuando se requiere tiempo y concentración para poder entender el mensaje. (Bresciani et al. 2008b: 04).
- c) Percepción de que algo está acabado (¿La visualización invita a realizar contribuciones y modificaciones o da la sensación de que el producto está terminado?): Es alta si la herramienta visual no permite que los receptores realicen modificaciones sobre la información presentada. Por otro lado, es baja cuando las herramientas visuales representan dibujos o trabajos provisionales, por ejemplo, notas en post-it y bosquejos a lápiz (Bresciani et al. 2008b: 05).
- d) Enfoque dirigido (¿La visualización dirige la atención al tema principal de una discusión?): Es alta cuando la atención de los receptores se dirige sólo al tema principal del mensaje. Es baja cuando el enfoque se dispersa en muchos temas (Bresciani et al. 2008b: 06).
- e) Facilidad de percepción (¿Nuevas percepciones se crean como resultado de la forma de visualización?): Es alta cuando se genera un nuevo entendimiento por medio de la herramienta visual. Si la visualización no ayuda en la obtención de un nuevo conocimiento o en la comprensión del mensaje, la facilidad de percepción es baja (Bresciani et al. 2008b: 07).
- f) Modificabilidad (¿Pueden los elementos de la visualización modificarse en respuesta a la dinámica de la discusión?): Esta dimensión es alta si cada

elemento de la herramienta visual se puede modificar con facilidad (mover, borrar, sustituir). Si los elementos son difíciles de cambiar o las modificaciones no son posibles, entonces la modificabilidad es baja. (Bresciani et al. 2008b: 08).

- g) Soporte a la interacción de un grupo (¿La visualización facilita la interacción entre de un grupo de personas?): Es alta si las herramientas visuales permiten la modificación simultánea de la información transmitida y si permite que dichas modificaciones pueden ser documentadas con facilidad. Si las herramientas visuales no permiten mejorar la trazabilidad de la información ni la interacción entre los participantes del proceso de comunicación, el soporte a la interacción del grupo es baja (Bresciani et al. 2008b: 09).

3.3 Lean Project Delivery System (LPDS)

El LPDS se define como un proceso colaborativo para la gestión integral de un proyecto (Pons 2014: 38). Consiste en una serie de conceptos para la toma de decisiones, procedimientos, técnicas, métodos y herramientas integradoras, las cuales tienen como objetivo alinear a las personas, sistemas y procesos de negocio para optimizar el valor para el cliente, reducir pérdidas y maximizar la efectividad a través de los proceso de diseño, fabricación y construcción (Mossman 2008: 01).

Este sistema fue desarrollado por el ingeniero Glenn Ballard y publicado por el Lean Construction Institute (LCI) en el año 2000, posteriormente, se publicó una versión más completa en el año 2008.

3.3.1 Ciclo de vida del proyecto según el LPDS

En general, los proyectos se dividen en fases, lo mismo sucede en el modelo del LPDS, sin embargo lo que lo diferencia con otros es la definición de cada fase, la relación entre fases y los participantes que actúan en ellas (Vásquez 2006: 11).

Como se muestra en la figura 3.3.1, el LPDS se representa mediante un modelo formado por 14 módulos, de los cuales 11 están agrupados en 5 fases interdependientes, es decir, que entre dos fases existe un módulo compartido. Los módulos denominados control de la producción y estructuración del trabajo ocurren continuamente a lo largo de todo el proyecto. Finalmente, el módulo denominado

evaluación post-ocupación sirve como bucle de retroalimentación o aprendizaje entre los procesos del proveedor y el cliente, ya que interconecta el fin de un proyecto con el inicio del siguiente (Castillo 2014, 10).

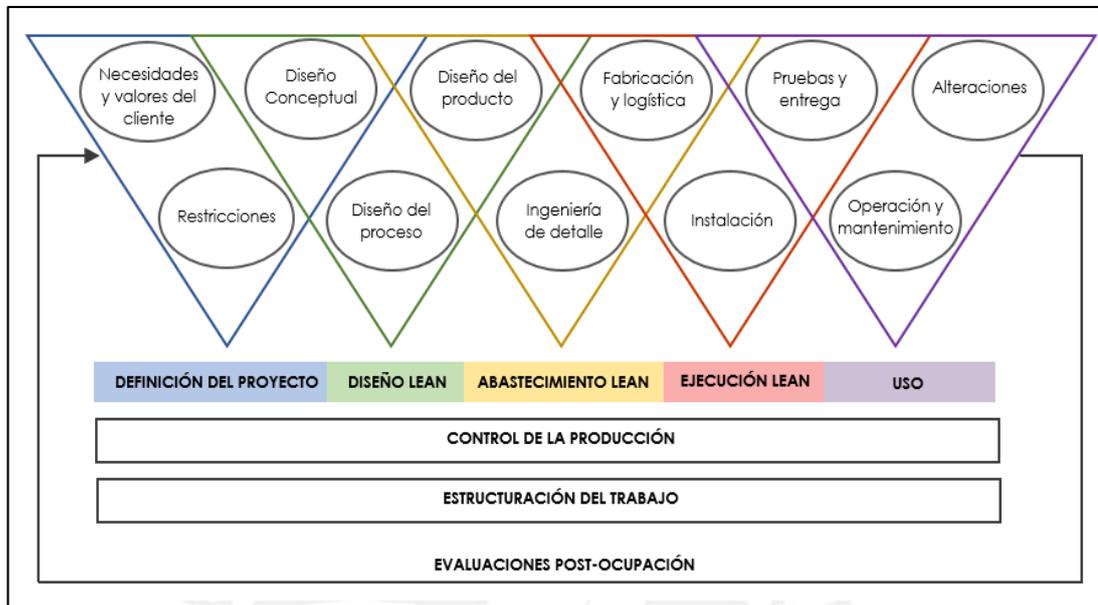


Figura 3.3.1.- Lean Project Delivery System (Ballard 2000).

3.3.2 Fases de un proyecto según el LPDS

Como se explicó en el ítem anterior, los módulos que forman parte del LPDS están agrupados en 5 fases interdependientes: definición del proyecto, diseño lean, suministro lean, ejecución lean y uso. Asimismo, se deben considerar los módulos de control de la producción y estructuración del trabajo, los cuales ocurren de manera progresiva a lo largo del ciclo de vida del proyecto, y el módulo de evaluación post-ocupación, el cual ocurre entre el final de un proyecto y el inicio de uno nuevo.

A continuación, se describirán las 8 fases que forman parte del LPDS:

➤ Definición del proyecto

Es la fase de inicio del LPDS y consiste en la interacción de tres módulos: determinación de las necesidades y valores del cliente, análisis de restricciones y criterios de diseño y generación del concepto de diseño.

Esta fase es gestionada por el gerente del proyecto, quien es elegido por el cliente o propietario para que sea responsable de la etapa de diseño y construcción (Ballard 2000a:03).

Por otro lado, esta fase está conformada por 4 procesos: inicio de la definición del proyecto, recolección de información, preparación para la reunión sobre la definición del proyecto y, finalmente, la reunión sobre la definición del proyecto. Cabe resaltar que dichos procesos no se desarrollan de manera secuencial, sino de manera iterativa, como se muestra en la figura 3.3.2:

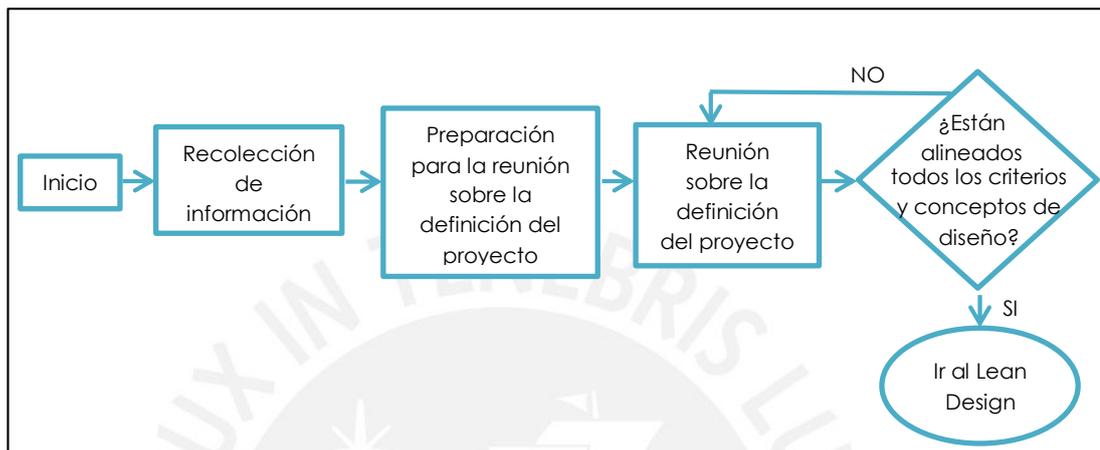


Figura 3.3.2.- Procesos de la fase de definición del proyecto (Ballard y Zabelle 2000).

Finalmente, es importante tener en cuenta que representantes de todas las etapas del ciclo de vida del proyecto tienen que estar involucrados en esta fase inicial, como por ejemplo, el propietario o inversionista, el gerente del proyecto, el arquitecto, los proyectistas eléctrico, sanitario y mecánico, el constructor, proveedores clave, entre otros.

➤ Diseño Lean

Es la segunda fase del LPDS y consiste en la interacción de tres módulos: conceptos de diseño, diseño conceptual y diseño del producto.

El objetivo de esta fase es encontrar la mejor alternativa de diseño del producto y del proceso, la cual debe cumplir con los propósitos del propietario y entregar el máximo valor al cliente (Pons 2014: 40).

Por otro lado, la fase de diseño lean está conformada por 6 procesos: organizarse en equipos multidisciplinarios, seguir una estrategia de múltiples alternativas, estructurar el trabajo de diseño para acercarse al ideal lean, minimizar las iteraciones negativas, utilizar el sistema del “último planificador” para el control de la producción y usar tecnologías que faciliten el diseño lean.

Finalmente, el diseño lean difiere de la práctica tradicional, ya que aplaza de forma sistemática las decisiones hasta el último momento responsable. De esta manera, se logra dar más tiempo para desarrollar, explorar mejores alternativas y evitar la repetición de trabajos (Pons 2014: 41).

➤ **Suministro Lean**

Es la tercera fase del LPDS y consiste en la ingeniería de detalle de los productos definidos en el diseño lean, la fabricación, compra de materiales y la logística de las entregas e inventarios (Ballard 2000a: 06).

En esta fase se produce la interacción de tres módulos: diseño del producto, ingeniería de detalle y fabricación y entrega.

➤ **Ejecución Lean**

Es la cuarta fase del LPDS, se inicia con la entrega de información, materiales, mano de obra, herramientas y componentes necesarios para la ejecución del proyecto.

En esta fase se produce la interacción de tres módulos: fabricación y logística, instalación y pruebas y entrega.

Durante la fase de ejecución lean, el sistema “último planificador” es utilizado para controlar la producción y mantener el flujo continuo de materiales e información a lo largo de toda la obra a medida que esta avanza (Pons 2014: 41).

➤ **Uso**

Es la quinta fase del LPDS y consiste en la entrega del producto o servicio al cliente o usuario final, luego de haber certificado su calidad a través de varias pruebas.

En esta fase se produce la interacción de tres módulos: pruebas y entrega, operación y mantenimiento y cambios.

➤ **Control de la producción**

Consiste en el control del flujo de trabajo y el control de la unidad de producción. Por un lado, el control del flujo de trabajo se realiza a través de la planificación “lookahead”. Por otro lado, el control de la unidad de producción se realiza a través de la planificación semanal del trabajo (Ballard 2000a:03).

➤ Estructura del trabajo

Es un término creado por el Instituto de Lean Construction para indicar el desarrollo de la operación y del diseño de procesos en alineación con el diseño del producto, la estructura de la cadena de abastecimiento, la asignación de recursos y los esfuerzos de diseño para ensamblaje. El principal propósito de estructurar el trabajo es lograr un flujo de trabajo más rápido y efectivo mientras se busca entregar valor al cliente (Ballard 2000a: 02).

➤ Evaluación post-ocupación

Es considerado como un bucle de retroalimentación desde el final de un proyecto hasta el inicio del siguiente. Consiste en determinar por inspección, medición y preguntas cómo está siendo utilizado el producto, cómo están funcionando los servicios y cuánto se conoce de las necesidades de los usuarios; de esta manera, se puede verificar si los procesos de diseño y constructivos han sido los adecuados (Vásquez 2006: 16).

3.3.3 Diseño Lean

3.3.3.1 Módulos

Cómo se mencionó en el ítem 3.3.2, la fase de diseño lean consiste en la interacción de 3 módulos, tal como se muestra en la figura 3.3.3:

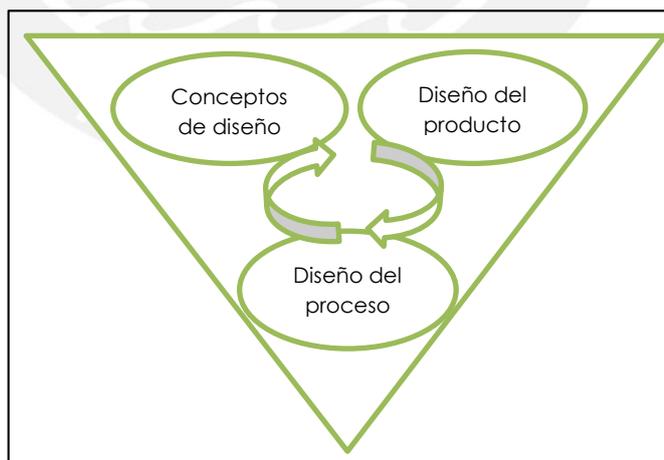


Figura 3.3.3.- Módulos de la fase de diseño lean (Ballard y Zabelle 2000).

A continuación se procede a describir los módulos de esta fase:

➤ Conceptos de diseño:

Es el nexo entre la fase de definición del proyecto y la fase de diseño lean. Consiste en el entregable final de las reuniones de definición del proyecto, el cual comprende

los objetivos del diseño alineados a las restricciones y a los requerimientos del cliente. Estos conceptos sirven como información o principal entrada para el diseño del proyecto (Castillo 2014: 22).

➤ **Diseño del producto:**

Consiste en estructurar las partes, componente o actividades que dan un valor específico a un producto. El entregable principal de esta etapa con los planos de las distintas especialidades, los cuales deben estar debidamente compatibilizados y contar con toda la información y detalles necesarios.

➤ **Diseño del proceso:**

Consiste en estructurar la organización del proyecto, definirla secuencia de pasos y los medios concretos para realizar las diferentes actividades del proyecto. El diseño del proceso involucra pensar en todas las actividades que se realizarán durante la construcción y definir cómo se realizarán cada una de estas (Castillo 2014: 36).

3.3.3.2 Procesos

Como se mencionó en el ítem 3.3.2, la fase de diseño lean está conformada por 6 procesos, los cuales se muestran en la figura 3.3.4:

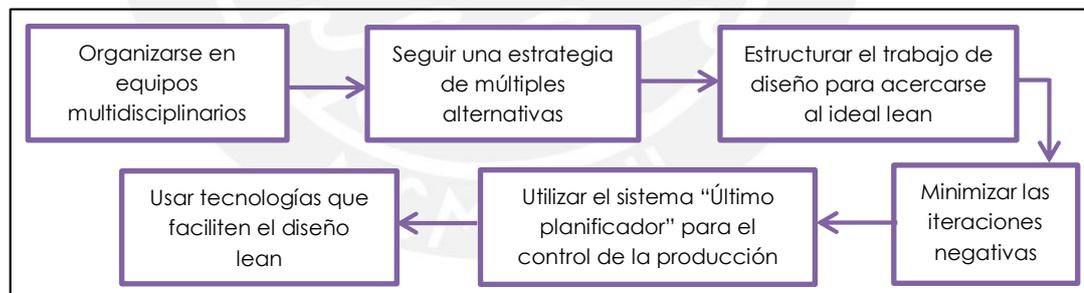


Figura 3.3.4.- Procesos de la fase de diseño lean (Ballard y Zabelle 2000).

➤ **Organizarse en equipos multidisciplinarios**

Al igual que durante la fase de definición del proyecto, durante esta fase se debe realizar reuniones y tomar en cuenta las opiniones de todos los involucrados del proyecto (Vásquez, Orihuela y Orihuela 2008: 05). Los principales involucrados que deberían participar durante la etapa de diseño se presentan en Anexo N° 09.

➤ **Seguir una estrategia de múltiples alternativas**

Consiste en tomarse un tiempo determinado para estudiar varias alternativas de solución. Esta estrategia difiere de la práctica actual, en la cual se busca empezar

cuanto antes con la ejecución de la obra. Esto termina ocasionando que la etapa de diseño se deba realizar a una mayor velocidad y que se busquen soluciones rápidas sobre una sola propuesta de diseño (Ver figura 3.3.5).

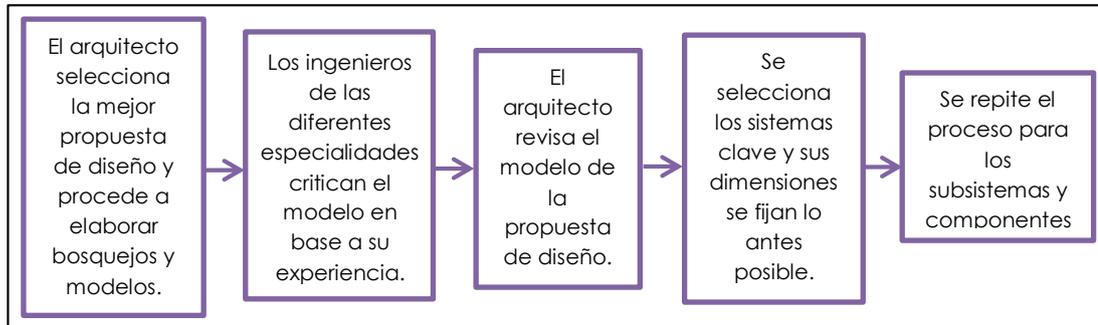


Figura 3.3.5.- Diseño basado en una alternativa (Ballard y Zabelle 2000).

Los beneficios de un diseño basado en múltiples alternativas son (Vásquez 2006: 74):

- Transmitir confianza, comunicación eficiente vs. el diseño basado en una alternativa, en el cual cada cambio puede invalidar todas las decisiones previas.
- Reducir el número y duración de reuniones.
- Promocionar el aprendizaje institucional.
- Ayudar a postergar decisiones sobre valores variables hasta que lleguen a ser esenciales para finalizar el proyecto.
- Evitar conflictos fingidos y repeticiones innecesarias de negociación.

➤ Estructurar el trabajo de diseño para acercarse al ideal lean

El LPDS, busca estructurar el trabajo siguiendo los ideales “lean”, como por ejemplo, entregar sin pérdidas lo que el cliente necesita. Para lograr ello, dicha estructura debe anticipar cada fase de entrega; es decir, verificar cómo está siendo puesto el producto en servicio para su operación y uso, cómo está suministrando la cadena de abastecimiento los componentes del proyecto y cómo se están estructurando los convenios comerciales. Todas las consideraciones, relacionadas al proceso, tienen que ser determinadas de manera integrada con el diseño del producto (Ballard y Zabelle 2000c: 12).

➤ Minimizar las iteraciones negativas

Consiste en dividir el trabajo durante la etapa de diseño en proporciones que permitan una comunicación más frecuente entre los involucrados (Ballard 2000c: 04). Además,

propone el uso de técnicas “pull”, la cual se refiere a que solo se debe realizar el trabajo que produzca trabajo a otro, y de esta manera eliminar las pérdidas por sobreproducción (técnica “push”), ocasionada al provocar que un especialista acumule trabajo sin haberlo solicitado (Vásquez et al. 2008: 05).

Es importante tener en cuenta que la principal consecuencia de las iteraciones negativas es la dilatación del tiempo de diseño del proyecto.

➤ **Utilizar el sistema “Último planificador” para el control de la producción**

Este sistema consiste en que una persona realice un trabajo como último nivel de planificación, por lo que sus instrucciones van dirigidas a los responsables directos de la tarea. En la fase de diseño, el rol del último planificador se encontrará a cargo del coordinador o gerente del proyecto (Castillo 2014: 35).

➤ **Usar tecnologías que faciliten el diseño lean**

La tecnología es definitivamente una herramienta muy poderosa para alcanzar altos niveles de productividad durante la construcción y el diseño de proyectos. El LPDS recomienda usar la tecnología para visualizar el diseño simultáneo del proceso y del producto a través de la modelación en 3D y 4D. Además, otra herramienta tecnológica que propone es el uso de Intranets, que permiten un flujo ordenado de información durante la definición y diseño del proyecto (Vásquez 2006: 91).

3.3.3.3 Herramientas

Diseñar se puede comparar con una buena conversación, de la cual todos los participantes se van con una diferente y mejor en comprensión con la que llegaron o trajeron consigo (Ballard y Zabelle 2000c: 02). Para lograr que la fase de diseño lean se realice de manera eficiente y efectiva, se deben plantear las siguientes preguntas que se muestran en la figura 3.3.6:

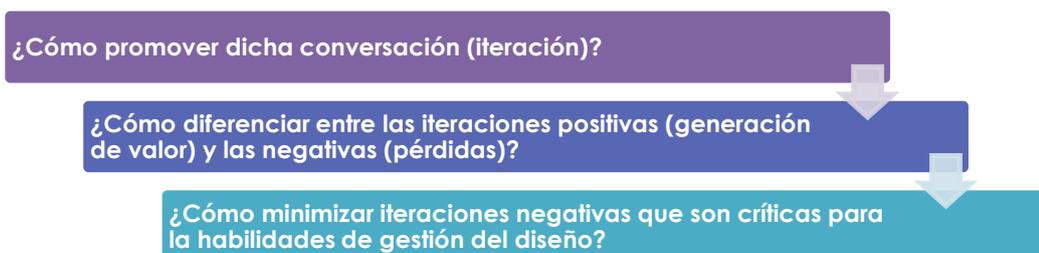


Figura 3.3.6. - Iteración durante la fase de diseño lean

Para poder promover la conversación o iteración, identificar los tipos iteraciones y minimizar las negativas o las que producen pérdidas durante el proceso, el LPDS propone diferentes técnicas y herramientas, la cuales se describen a continuación:

➤ **Reportes A3**

La idea básica de esta herramienta es documentar un proceso de resolución de problemas de forma estandarizada en una hoja de papel A3 (28x43 cm). Además, puede ser utilizado como herramienta de gestión del conocimiento, para la presentación de una propuesta, informar de un estado del proyecto y para promover la colaboración y la comunicación de manera transparente entre todos los participan en la resolución de problemas (Dave et al. 2013: 25).

Una de sus principales características de esta herramienta es que están diseñadas para presentar un resumen del aprendizaje adquirido en el proceso de investigación del problema, junto con las recomendaciones respectivas. Las representaciones gráficas del problema pueden eliminar miles de palabras y el tiempo asociado de la explicación (Castillo 2014: 36).

➤ **Estacionamiento**

Esta herramienta propone que se designe un “facilitador” o líder de las reuniones, el quien encargado de diseñar la agenda de las reuniones para garantizar que las personas adecuadas estén en el momento adecuado, que las discusiones sean las apropiadas y que los expertos o consultores solo estén presentes para los debates en que su experiencia es necesaria (Tsao y Beikmann 2012: 08).

No obstante, durante las reuniones del proyecto, es inevitable que las discusiones se desvíen del tema principal a tratar (Castillo 2014: 40). Cuando una discusión que no pertenece al tema principal establecido en la agenda de la reunión dura más de dos minutos, el facilitador o líder de la reunión “estaciona la idea”; es decir, advierte al grupo que la discusión no va acorde con el tema inicial y toma nota de la idea en una pizarra. Esto permite que la reunión se mantenga en la idea principal y que no pierda información que podría servir en otra oportunidad (Tsao y Beikmann 2012: 08).

➤ **Diagramas de flujo y tabla de entradas y salidas**

Es utilizado como herramienta para representar gráficamente el proceso de diseño y sus sub-procesos. Consiste en un diagrama de flujo general de las siete etapas de diseño (creación y factibilidad, diseño del bosquejo preliminar, esquema de diseño,

requisitos legales del diseño, detalle del diseño, supervisión de la producción, y la retroalimentación y operación), para cada etapa hay un diagrama de flujo de actividades y, para actividades complejas, un diagrama de flujo de las operaciones. Además, en el diagrama de flujo se asigna el grado de responsabilidad de los involucrados en el proyecto (responsable, ejecutor y cooperador) (Castillo 2014: 40).

Asimismo, las actividades del diagrama de flujo se presentan en una tabla. Como entrada de la tabla se describen los requerimientos que necesitan cada actividad para ser realizadas; como salida, el resultado final de las actividades realizadas (Castillo 2014: 41).

➤ **Lista de tareas**

Herramienta que consiste en el uso de listas para documentar y planificar tareas o actividades de diseño a realizar. Esta herramienta es manejada por los proyectistas de las especialidades involucradas en el proyecto y tiene como objetivo brindar información integrada antes de comenzar el trabajo de diseño. De esta manera no será necesario realizar suposiciones innecesarias ni habrá pérdidas de información inicial del proyecto (Castillo 2014: 42).

➤ **Checklist**

A pesar de que las fases de ingeniería y diseño son iterativas en la generación de soluciones óptimas, una de las pérdidas más frecuentes son los retrabajos costosos ocasionados por diseños que se inician sin la información necesaria (Freire y Alarcón 2002: 254).

Durante la etapa de diseño, los checklist son utilizados para revisar si los documentos y dibujos cumplieron con los requerimientos y criterios de diseño durante su desarrollo y de controlar las características y variaciones del producto. Asimismo, a pesar de que los checklist son herramientas reactivas que permiten corregir los errores después de ejecutar la actividad, es importante utilizarlas previas a trabajar como medida de evaluación sobre la información mínima con la que se debería contar para iniciar una actividad (Freire y Alarcón 2002: 251).

➤ **Solicitud de información (RFI)**

Es un mecanismo de información formal, el cual se utiliza para solicitar información técnica del proyecto al cliente o proyectista.

Por lo general, un RFI (Request For Information) es utilizado cuando es necesario confirmar la interpretación de un detalle, especificación técnica, pedir información no especificada en el proyecto, entre otros (Castillo 2014: 44).

➤ **Constructabilidad en el diseño**

El Instituto de la Industria de la Construcción definió la constructabilidad como: “Uso óptimo del conocimientos y experiencia de construcción en la planificación, en el diseño, en las adquisiciones y en el manejo de las operaciones de construcción” (IIC 1986).

Para diseñar algo “construible” se deben capturar los conocimientos operacionales, no solo para aplicarlos en la etapa de la construcción, sino también para aprovecharlas en etapas más tempranas como el anteproyecto, factibilidad, planificación y diseño (Orihuela et al. 2003: 02).

➤ **Intranets**

Las intranets son redes privadas que se han creado utilizando las normas y protocolos de Internet. Son atractivas por que disminuyen el costo de mantenimiento de una red interna y, al mismo tiempo, aumentan la productividad, ya que ofrece a los usuarios acceso más eficaz a la información y a los servicios que necesita (Vásquez 2006: 91).

Las principales funciones de una intranet son:

- Permite el intercambio de información de manera rápida (Vásquez 2006: 91).
- Proporciona una tecnología para la colaboración y una infraestructura de comunicación que permite que los involucrados, procesos y procedimientos se comporten como una sola unidad, donde cada quien conoce su papel y se comparte una base común de conocimientos (Ruiz 2001: 13).
- Construye una organización que aprende de manera dinámica y participativa. Asimismo, reduce el tiempo que se tarda en gestionar la información y potencia el flujo bidireccional de datos (Ruiz 2001: 14).

➤ **Uso de modelación 3D y 4D**

Son herramientas muy útiles en las etapas de definición del proyecto, diseño y en la ingeniería de detalle. Las principales funciones de los modelos 3D y 4D se muestran en la tabla 3.3.1:

Tabla 3.3.1.- Funciones principales de los modelos 3D y 4D.
(Adaptado de: Dave et al. 2013: 02)

| ETAPA | FUNCIÓN |
|-------------------------|---|
| Definición del proyecto | Herramienta visual que permite a los clientes entender con mayor facilidad el proyecto y a los proyectistas, entender mejor las necesidades del cliente. |
| Diseño | Los modelos de las diferentes especialidades pueden ser sincronizados e integrados para comprobar cualquier incompatibilidad. Luego de que se han detectado, los proyectistas pueden modificar los modelos hasta que estén libres de incompatibilidades y optimizar el producto. |
| Ingeniería de detalle | El producto puede ser construido en la computadora antes de ser construido en el espacio y tiempo físicos, mediante un modelo 3D. Dicho modelo puede ser vinculado al plan del proyecto y simular las actividades planificadas de un período seleccionado, lo cual permite al equipo del proyecto entender el proceso constructivo durante planificación y el diseño. |

➤ **Elección por ventajas (CBA)**

Es un sistema de toma de decisiones en el que se utiliza un vocabulario bien definido para garantizar la claridad y transparencia en el proceso de toma de decisiones. Esta técnica permite la implementación exitosa del diseño basado en múltiples alternativas.

Durante la toma de decisiones, los interesados y el equipo del proyecto asignan un grado de importancia a cada ventaja identificada, lo cual estimula el debate entre las partes interesadas sobre sus valores y preferencias. Esta discusión puede fomentar un entendimiento compartido de los objetivos del proyecto y cómo cada actor contribuye a realizarlos; una vez acordado, se registra la importancia de cada ventaja dentro de una tabla (Parrish y Tommelein 2009: 09).

Debido a que la toma de decisiones es subjetiva, es importante documentar por qué y sobre qué base se tomaron las decisiones, para que luego puedan ser revisadas en un momento posterior del proyecto, en caso de que estén disponibles nuevas consideraciones o hechos o para ser utilizados como base de conocimiento en futuros proyectos (Parrish y Tommelein 2009: 01).

3.4 Project Management Institute (PMI)

El Project Management Institute es una institución sin fines de lucro que ha identificado un subconjunto de conocimientos, procesos, habilidades, herramientas y técnicas que pueden tener un impacto considerable en el éxito de un proyecto. Estos fundamentos se han plasmado como “Buenas prácticas” en la guía del Project Management Book of Knowledge (PMBOK). El término “Buenas prácticas” significa

que el conocimiento descrito en el PMBOK sirve como recomendación o guía para las organizaciones. No obstante, es responsabilidad del director y equipo del proyecto de establecer lo que es más apropiado a cada proyecto en específico.

3.4.1 Ciclo de vida, fases, procesos y áreas de conocimiento de un proyecto

El ciclo de vida de un proyecto está compuesto por una serie de fases, las cuales son, generalmente, secuenciales. El número de fases y sus nombres se determinan en función de las necesidades de gestión y control de la organización y la naturaleza del proyecto (PMBOK 2013:38).

Una fase es un conjunto de actividades del proyecto, relacionadas de manera lógica que culmina con la finalización del entregable final (PMBOK 2013:41).

Por otro lado, un proceso es un conjunto de acciones y actividades, relacionadas entre sí, que se realizan para crear un producto o servicio predefinido. Cada proceso se caracteriza por sus entradas, herramientas y técnicas que se pueden aplicar y por las salidas que se obtienen (Ver figura 3.4.1). Los procesos de la dirección de proyectos se agrupan en cinco categorías conocidas como “grupos de procesos”, los cuales se muestran en la figura 3.4.2 (PMBOK 2013: 47).



Figura 3.4.1.- Diagrama de flujo de un proceso.

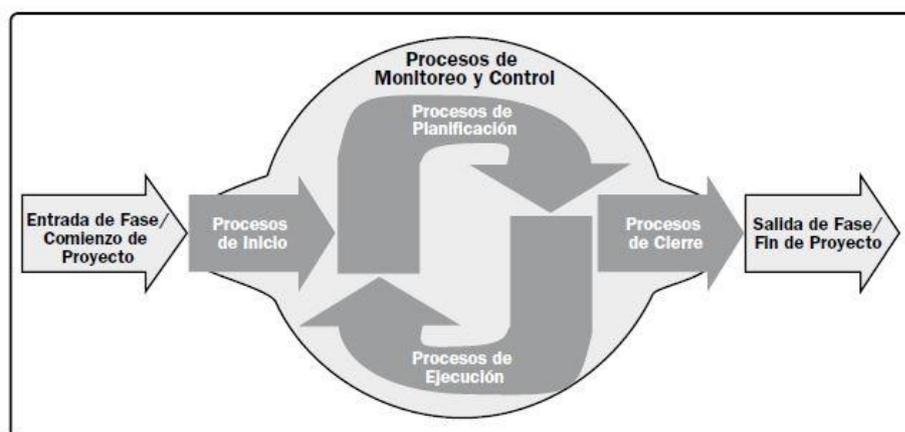


Figura 3.4.2.- Grupos de procesos de las fases de un proyecto. (PMBOK 2013:50).

Finalmente, un área de conocimiento representa un grupo completo de conceptos, términos y actividades que conforman un ámbito de la dirección de proyectos. Como elementos de apoyo, las áreas de conocimiento proporcionan una descripción detallada de las entradas, herramientas y técnicas y salidas de los procesos (PMBOK 2013:60). Cabe resaltar que es posible que todos los grupos de procesos definidos en el PMBOK se lleven a cabo dentro de una fase del proyecto. Como ejemplo, si consideramos el caso de un proyecto inmobiliario, las fases por las que podría estar compuesto serían: conceptualización, estudio de factibilidad, diseño, licitación, construcción, pruebas, operación y mantenimiento. Dentro de cada una de estas fases se repetirían los grupos de procesos del plan de gestión propuesto por la guía del PMBOK.

El plan de gestión propuesto por la guía del PMBOK está compuesto por 10 áreas de conocimiento (Gestión de la integración, gestión del alcance, gestión del tiempo, gestión de los costos, gestión de la calidad, gestión de los recursos humanos, gestión de las comunicaciones, gestión de los riesgos, gestión de las adquisiciones, gestión de los interesados) integradas en 5 grupos de procesos (Iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control y cierre), dando como resultados 47 procesos de la dirección de proyectos. En el anexo N° 10 se muestra gráficamente la correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento.

Por otro lado, los grupos de procesos no solamente poseen un vínculo de correspondencia con las áreas de conocimientos, sino también una interacción a lo largo de las fases del ciclo de vida de un proyecto (Ver figura 3.4.3).

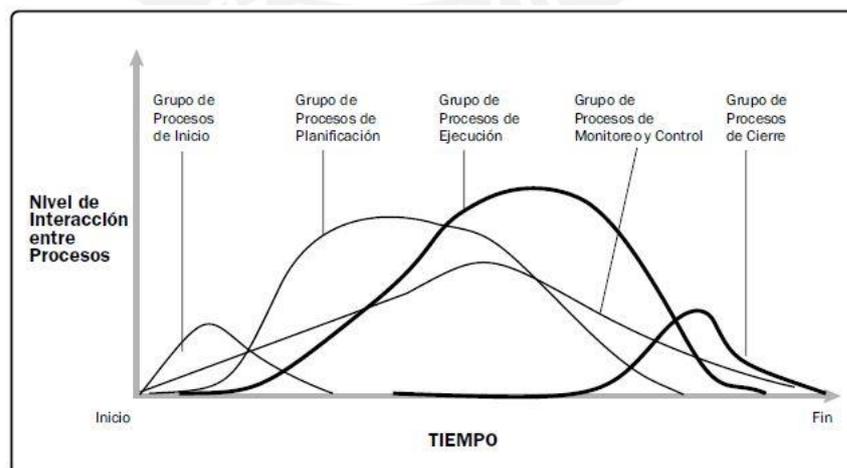


Figura 3.4.3.- Interacción de los grupos de procesos a lo largo de las fases de un proyecto. (PMBOK 2013:51).

3.4.2 Grupos de procesos según el PMBOK

➤ Grupo de procesos de inicio

Está compuesto por los procesos realizados para definir los objetivos de un nuevo proyecto, el alcance inicial e identificar a los principales interesados, sus necesidades y expectativas en el proyecto. La información definida en esta etapa será registrada en el acta de constitución del proyecto y en el registro de interesados (PMBOK 2013:54).

➤ Grupo de procesos de planificación

Está compuesto por aquellos procesos realizados para establecer el alcance total del proyecto, definir y refinar los objetivos y desarrollar la línea de acción requerida para alcanzar dichos objetivos. La información definida durante esta etapa será registrada en plan de dirección y documentos del proyecto (PMBOK 2013:55).

➤ Grupo de procesos de ejecución

Está compuesto por aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto (PDP). El objetivo de este grupo de procesos es de coordinar personas y recursos, gestionar las expectativas de los interesados, así como integrar y realizar las actividades del proyecto conforme al PDP.

➤ Grupo de procesos de monitoreo y control

Está compuesto por aquellos procesos requeridos para dar seguimiento, analizar y dirigir el progreso y el desempeño del proyecto. El monitoreo continuo proporciona al equipo del proyecto conocimiento sobre la salud del proyecto, permite identificar áreas que requieran más atención y recomendar acciones correctivas o preventivas para anticipar posibles problemas. Este grupo de procesos se realiza a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto (PMBOK 2013:57).

➤ Grupo de procesos de cierre

Está compuesto por aquellos procesos realizados para formalizar con el cliente la aceptación de los entregables del proyecto, documentar las lecciones aprendidas, actualizar los activos de los procesos de la organización, documentar la información relevante del proyecto y cerrar todas las actividades de adquisición (PMBOK 2013:57).

3.4.3 Gestión del alcance del proyecto

Incluye los procesos necesarios para definir y controlar que se incluye y qué no se incluye en el proyecto (PMBOK 2013:105).

Asimismo, involucra la gestión del alcance del producto como el del proyecto, siendo ambos diferentes entre sí. Por un lado, el alcance del producto engloba las características, funciones y requisitos que describen un producto o servicio. Por otro lado, el alcance del proyecto es la descripción del trabajo que se debe realizar para entregar el producto con las funciones y características definidas en su alcance (PMBOK 2013:105).

➤ **Planificar la gestión del alcance**

Es el proceso de crear un plan que documente cómo se va a definir, validar y controlar el alcance del proyecto (PMBOK 2013:105).

Dentro de las entradas de este proceso se incluyen el PDP, el acta de constitución del proyecto, los factores ambientales de la empresa y los activos de los procesos de la organización.

Los factores ambientales hacen referencia a las condiciones que no están bajo el control del equipo del proyecto y que pueden afectar de manera positiva o negativa sobre el resultado final del mismo. Por otro lado, los activos de los procesos de la organización incluyen cualquier objeto, práctica o conocimiento de alguna o de todas las organizaciones que participan en el proyecto y que pueden usarse durante el ciclo de vida del mismo. Los principales activos de los procesos de la organización se muestran en la figura 3.4.4.

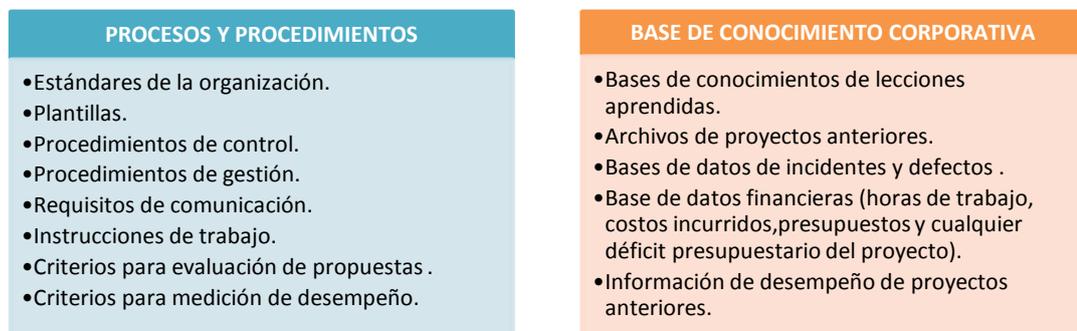


Figura 3.4.4.- Activos de los procesos de la organización.

Las técnicas propuestas por el PMBOK son el juicio de expertos y realizar reuniones en las que participen todos los involucrados.

Las salidas de este proceso son el plan de gestión del alcance y el plan de gestión de los requisitos. Por un lado, dentro del plan de gestión del alcance se elabora el enunciado detallado del alcance, se especifica cómo se aprobará la estructura de desglose de trabajo (EDT), cómo se obtendrá la aceptación de los entregables y cómo se procesarán las solicitudes de cambio. Por otro lado, dentro del plan de gestión de requisitos se incluye los criterios para priorizar los requisitos, las métricas del producto que se utilizarán y cómo serán reportadas y monitoreadas las actividades asociadas a los requisitos del proyecto y producto (PMBOK, 2013:110).

➤ **Recopilar requisitos**

Es el proceso de determinar y documentar las necesidades y condiciones que el proyecto debe cumplir o que deben estar presentes en el producto para satisfacer un acuerdo o especificación formalmente impuesta por el cliente y demás interesados (PMBOK 2013:112).

Dentro de sus entradas se incluyen el plan de gestión del alcance, de los requisitos, de los interesados, el acta de constitución del proyecto y el registro de interesados.

Debido a que no considerar un requisito necesario puede ser muy caro y causar otros problemas posteriormente, se debe realizar un esfuerzo amplio para encontrar todos los requisitos antes de que comience el trabajo.

Las principales herramientas propuestas por el PMBOK se muestran en la tabla 3.4.1.

Tabla 3.4.1.- Herramientas y técnicas del proceso de recopilar requisitos del proyecto.

| HERRAMIENTAS/TÉCNICAS | DESCRIPCIÓN |
|---|--|
| Entrevistas | Tienen el objetivo de obtener información de los interesados acerca de las características y funciones esperadas de los entregables del producto (PMBOK 2013:114). |
| Grupos focales | Tienen como objetivo conocer las expectativas y actitudes de los interesados respecto al producto o servicio propuesto (PMBOK 2013:114). |
| Talleres facilitados | Son sesiones focalizadas que reúnen a los interesados clave del proyecto para definir los requisitos del producto. Una de las principales ventajas de esta técnica es que los problemas se pueden identificar más rápido que en sesiones individuales (PMBOK 2013:114). |
| Técnicas grupales de creatividad | Entre las se pueden utilizar se mencionan las siguientes: tormenta de ideas, técnicas de grupo nominal, mapas conceptuales, diagramas de afinidad y análisis de decisiones con múltiples criterios. |
| Técnicas grupales de toma de decisiones | Entre los diversos métodos para llegar a una decisión en grupo se mencionan los siguientes: unanimidad, mayoría, pluralidad, dictadura. |
| Cuestionarios y encuestas | Son adecuados cuando se requiere una respuesta rápida, cuando los encuestado estén geográficamente dispersos y cuando es conveniente realizar análisis estadísticos (PMBOK 2013:116). |
| Observaciones | Esta técnica implica seguir de cerca el trabajo, son útiles cuando las personas que usan el producto tienen dificultades o se muestran renuentes para articular sus requisitos (PMBOK 2013:116). |
| Prototipos | Es un método para obtener una retroalimentación rápida de los requisitos del producto, mediante un modelo operativo. Esta técnica permite a los interesados experimentar con un modelo del producto final, en lugar de debatir en forma abstracta sobre sus requisitos (PMBOK 2013:116). |
| Estudios comparativos | Implican revisar las prácticas reales o planificadas para identificar cuáles son las mejores y generar ideas de mejora (PMBOK 2013:116). |
| Diagramas de contexto | Representan visualmente el alcance del producto mediante un sistema de negocio (proceso, equipamiento, sistema de información, etc.), y sus interacciones con las personas y con otros sistemas (PMBOK 2013:117). |
| Análisis de documentos | Se utiliza para obtener requisitos mediante la revisión de la documentación existente y la identificación de la información relevante para los requisitos del proyecto (PMBOK 2013:117). |

Después de recopilar los requisitos, éstos deben ser documentados. Antes de incorporar requisitos en la línea base del alcance, se debe verificar que cumplan con las siguientes características: ser medibles, comprobables, trazables, completos, coherentes y aceptables para los interesados clave (PMBOK 2013:117).

Asimismo, se debe elaborar la matriz de trazabilidad de requisitos, la cual vincula los requisitos del producto desde su origen hasta los entregables que los satisfacen. La implementación de esta matriz proporciona un medio para realizar el seguimiento y control de los requisitos a lo largo del ciclo de vida del proyecto (PMBOK 2013:118).

➤ **Definir el alcance**

Es el proceso de desarrollar una descripción detallada del proyecto y producto (PMBOK 2013:105).

Dentro de las entradas de este proceso se incluyen el acta de constitución del proyecto, el plan de gestión del alcance, la documentación de requisitos y los activos de los procesos de la organización.

Para poder determinar de manera correcta qué alcance está y qué alcance no está dentro del proyecto, el PMBOK las técnicas que se muestran en la tabla 3.4.2.

Tabla 3.4.2.- Herramientas y técnicas del proceso de definir el alcance del proyecto.

| HERRAMIENTAS/TÉCNICAS | DESCRIPCIÓN |
|----------------------------|---|
| Juicio de expertos | Se realiza con el objetivo de analizar información necesaria para realizar un proceso determinado. El juicio de expertos puede venir por parte de un grupo o individuo con capacitación, conocimiento y experiencia relevantes en proyectos (PMBOK 2013:128). |
| Análisis del producto | Se realiza para analizar la descripción del producto por parte del cliente con el objetivo de convertirlos en entregables tangibles (PMBOK 2013:122). |
| Generación de alternativas | Se utiliza para desarrollar tantas opciones potenciales como sea posible con el objetivo de identificar diferentes enfoques para ejecutar el trabajo del proyecto (PMBOK 2013:123). |
| Talleres facilitados | Descrito en la tabla 3.4.1. |

La salida de este proceso es el enunciado del alcance del proyecto. Este documento incluye la descripción del alcance del proyecto y del producto, de los criterios de aceptación, de los supuestos, de las exclusiones, de las restricciones y la descripción de los entregables de trabajo que serán verificados para dar por terminado un proyecto (PMBOK 2013:123).

Finalmente, luego de establecer el enunciado del alcance del proyecto, se procede a actualizar los siguientes documentos del proyecto: registro de interesados, documentación de requisitos y la matriz de trazabilidad de requisitos.

➤ **Crear la estructura de desglose de trabajo o Work Breakdown Structure (EDT/WBS)**

Es el proceso de subdividir el trabajo y los entregables del proyecto en componentes más pequeños. Cabe resaltar que la EDT viene acompañada de un diccionario que proporciona información detallada sobre los entregables, actividades, recursos y programación de cada uno de sus componentes (PMBOK 2013:126).

Dentro de las entradas de este proceso se incluyen el plan de gestión del alcance, el enunciado del alcance, la documentación de requisitos, los factores ambientales de la empresa y los activos de los procesos de la organización.

La principal técnica que propone el PMBOK para crear la EDT es la descomposición. Esta técnica es utilizada para dividir y subdividir el alcance y los entregables del proyecto en partes más pequeñas y manejables. Esto implica identificar y analizar los entregables y el trabajo relacionado, estructurar y organizar la EDT, por medio de códigos de identificación de sus componentes y verificar que el grado de descomposición de los entregables sea el adecuado (PMBOK 2013:128).

La salida de este proceso es la línea base del alcance, la cual se muestra en la figura 3.4.5.



Figura 3.4.5.- Componentes de la línea base del alcance de un proyecto.

➤ **Validar el alcance**

Proceso que consiste en formalizar la aceptación de los entregables del proyecto (PMBOK 2013:86).

Dentro de las entradas de este proceso se incluyen el PDP, la documentación de requisitos, la matriz de trazabilidad de requisitos, los entregables verificados y los datos de desempeño del trabajo.

Para poder realizar de manera correcta la validación del alcance del proyecto, el PMBOK propone las técnicas que se muestran en la tabla 3.4.3.

Tabla 3.4.3.- Herramientas y técnicas del proceso de validar el alcance del proyecto.

| HERRAMIENTAS/TÉCNICAS | DESCRIPCIÓN |
|---|--|
| Inspección | Consisten en medir, examinar y validar si el trabajo y los entregables cumplen con los requisitos y los criterios de aceptación del producto (PMBOK 2013:135). |
| Técnicas grupales de toma de decisiones | Descrito en la tabla 3.4.1. |

Las salidas de este proceso son los entregables aceptados por el cliente, las solicitudes de cambio y las razones por la cuales dichos entregables no fueron aceptados, la información de desempeño de trabajo y las actualizaciones de los documentos que informan el estado de terminación del producto (PMBOK 2013:136).

➤ **Controlar el alcance**

Proceso que consiste en monitorear el estado del proyecto y de la línea base del producto y gestionar cambios a la línea base del alcance (PMBOK 2013:86).

Dentro de las entradas de este proceso se incluyen el PDP, la documentación de requisitos, la matriz de trazabilidad de requisitos, los datos de desempeño del trabajo y los activos de los procesos de la organización.

La principal técnica que propone el PMBOK es el análisis de variación, la cual es utilizada para determinar el grado de la diferencia entre la línea base y el desempeño real, identificar la causa de dicha variación, y decidir si es necesario efectuar acciones correctivas o preventivas (PMBOK 2013:139).

Luego de realizar el análisis de variación, se procede a documentar las variaciones dentro de la información de desempeño del trabajo y realizar un control integrado de cambios (PMBOK 2013:140).

3.4.4 Gestión de las comunicaciones del proyecto

Incluye los procesos requeridos para asegurar que la planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados (PMBOK 2013:287).

➤ **Planificar la gestión de las comunicaciones**

Proceso en el que se identifica y documenta el enfoque a utilizar para que la comunicación con los interesados del proyecto sea más eficiente y eficaz. Una comunicación eficiente implica proporcionar exclusivamente la información necesaria; una comunicación eficaz, que la información se suministre en el formato adecuado, en el momento preciso, a la audiencia correcta y con el impacto deseado (PMBOK 2013:289).

Dentro de las entradas de este proceso se encuentran el PDP, el registro de interesados, los factores ambientales de la empresa y los activos de los procesos de la organización.

Las herramientas y técnicas propuestas por el PMBOK para este proceso mencionan en la tabla 3.4.4.

Tabla 3.4.4.- Herramientas y técnicas para planificar la gestión de las comunicaciones.

| HERRAMIENTAS/TÉCNICAS | DESCRIPCIÓN |
|--|---|
| Análisis de requisitos de comunicación | Sirve para determinar las necesidades de información de los interesados y calcular la cantidad de canales de comunicación de un proyecto, lo cual sirve para brindar un indicador de la complejidad de las comunicaciones del proyecto. Esta cantidad se calcula utilizando la siguiente fórmula: $n=n(n-1)/2$; donde "n" representa al número de interesados del proyecto (PMBOK 2013:292). |
| Tecnología de la comunicación | Deben ser elegidos teniendo en cuenta la frecuencia y formato de la información a comunicar, la disponibilidad, compatibilidad, y facilidad de uso de la tecnología elegida y la confidencialidad de la información a transmitir (PMBOK 2013:293) |
| Modelos de comunicación | Se enmarcan en tres partes: el emisor, el mensaje y el receptor. Factores como la educación, experiencia, lenguaje y cultura afectan la manera en que el receptor decodifica un mensaje, esto es denominado como "ruido". |
| Métodos de comunicación | Deben ser elegidos en base a las necesidades y requisitos de comunicación de los involucrados. La descripción de los diferentes métodos se muestra en la tabla 3.4.5. |
| Juicio de expertos | Descrito en la tabla 3.4.2. |
| Reuniones | Son necesarias para determinar la manera más adecuada de actualizar y comunicar la información del proyecto a los interesados adecuados. (PMBOK 2013:295) |

Tabla 3.4.5.- Cuadro resumen de métodos de comunicación según el PMBOK.
(Adaptado de: PMBOK 2013:195)

| MÉTODOS DE COMUNICACIÓN | | |
|--|---|---|
| INTERACTIVA | TIPO PUSH (EMPUJAR) | TIPO PULL (JALAR) |
| 2 o más personas | Receptores específicos que necesitan recibir la información | Audiencias muy grandes |
| Intercambio de información tipo multidireccional | Distribución de la información | Utilizada para grandes volúmenes de información |
| Característica: Comprensión común entre los participantes | Característica: No garantiza que llegue el mensaje ni que sea comprendido por la audiencia. | Característica: Requiere que los receptores accedan al contenido de la comunicación bajo su criterio. |
| Incluye: Reuniones, llamadas telefónicas, mensajería instantánea, video llamadas | Incluye: cartas, memorandos, informes, correos electrónicos, blogs, correos de voz, comunicados de prensa | Incluye: Sitios de intranet, base de datos de lecciones aprendidas, repositorios de conocimiento. |

La principal salida de este proceso es el plan de gestión de las comunicaciones. En dicho documento se incluye los requisitos de los interesados, la información que debe ser comunicada, qué interesado necesita qué información y quién está autorizado para acceder a ella, cuándo se va a necesitar la información, dónde se debe almacenar, quién da la autorización de la divulgación de información confidencial, los métodos y tecnologías utilizadas para transmitir la información. Asimismo, se deberá definir si será necesario tener en cuenta zonas horarias, barreras de idioma y consideraciones interculturales (PMBOK 2013:296).

➤ **Gestionar las comunicaciones**

Proceso de crear, recopilar, distribuir, almacenar, recuperar, y realizar la disposición final de la información del proyecto de acuerdo con el plan de gestión de las comunicaciones (PMBOK 2013:297).

Dentro de las entradas de este proceso se encuentran el plan de gestión de las comunicaciones, los informes de desempeño del trabajo y estado del proyecto, los factores ambientales de la empresa y los activos de los procesos de la organización.

Las herramientas y técnicas propuestas por el PMBOK para realizar se mencionan en la tabla 3.4.6.

Tabla 3.4.6.- Herramientas y técnicas del proceso de gestionar las comunicaciones.

| HERRAMIENTAS/TÉCNICAS | DESCRIPCIÓN |
|---------------------------------------|---|
| Tecnología de la comunicación | Descrito en la tabla 3.4.4. |
| Modelos de comunicación | Descrito en la tabla 3.4.4. |
| Métodos de comunicación | Descrito en la tabla 3.4.5. |
| Sistemas de gestión de la información | Proporcionan un conjunto de herramientas para que el gerente del proyecto capture, almacene y distribuya a los interesados información relativa a los costos, al avance del cronograma, al desempeño y a las comunicaciones escritas y electrónicas a lo largo del proyecto (PMBOK 2013:306). |
| Informar el desempeño | Permiten recopilar y analizar de manera periódica datos reales y compararlos con la línea base a fin de comprender y comunicar el avance y el desempeño del proyecto, así como pronosticar los resultados del mismo (PMBOK 2013:301). |

Las salidas que se obtienen de este proceso son las comunicaciones del proyecto y las actualizaciones del plan para la dirección del proyecto, de los documentos del proyecto y de los activos de los procesos de la organización.

➤ **Controlar las comunicaciones**

Proceso que consiste en monitorear las comunicaciones a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto y asegurar que se satisfagan las necesidades de información de los interesados del proyecto (PMBOK 2013:303).

Dentro de las entradas del proceso de controlar las comunicaciones se encuentran el PDP, las comunicaciones del proyecto, el registro de incidentes, los datos de desempeño del trabajo y los activos de los procesos de la organización.

Las herramientas y técnicas propuestas por el PMBOK para realizar un correcto control de las comunicaciones se mencionan en la tabla 3.4.7.

Tabla 3.4.7.- Herramientas y técnicas del proceso de control de las comunicaciones.

| HERRAMIENTAS/TÉCNICAS | DESCRIPCIÓN |
|---------------------------------------|--|
| Sistemas de gestión de la información | Descrito en la tabla 3.4.6. |
| Juicio de expertos | Descrito en la tabla 3.4.2. |
| Reuniones | Facilita debates y diálogos durante el proceso de controlar las comunicaciones. Estos debates y diálogos tiene como objetivo determinar la manera más adecuada de actualizar y comunicar el desempeño del proyecto, y de responder a las solicitudes de información por parte de los interesados (PMBOK 2013:307). |

Las salidas de este proceso son las solicitudes de cambio, la información de desempeño del trabajo y actualizaciones del PDP, de los documentos del proyecto y de los activos de los procesos de la organización.

3.4.5 Gestión de los involucrados del proyecto

Incluye los procesos necesarios para identificar a las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto, analizar sus expectativas, su impacto en el proyecto y desarrollar estrategias de gestión adecuadas a fin de lograr su participación eficaz en las decisiones y en la ejecución del proyecto (PMBOK 2013:391).

➤ **Identificar a los interesados del proyecto**

Dentro de las entradas del proceso de identificación de los interesados del proyecto se encuentran el acta de constitución del proyecto, los documentos de adquisiciones

(contratos con proveedores), los factores ambientales de la empresa y los activos de los procesos de la organización.

Las herramientas y técnicas propuestas por el PMBOK para este proceso se mencionan en la tabla 3.4.8.

Tabla 3.4.8.- Herramientas y técnicas del proceso de identificar a los interesados.

| HERRAMIENTAS/TÉCNICAS | DESCRIPCIÓN |
|-----------------------------------|--|
| Análisis de interesados | Permite identificar los intereses, sus expectativas, influencia y relaciones con el proyecto. Asimismo, permite evaluar el modo en que los interesados pueden reaccionar en diferentes situaciones y planificar cómo influir en ellos para mejorar su apoyo (PMBOK 2013:396). Los modelos de clasificación utilizados para el análisis de interesados de muestran en la tabla 3.4.9. |
| Juicio de expertos | Descrito en la tabla 3.4.2. |
| Reuniones de análisis de perfiles | Diseñadas para intercambiar y analizar información acerca de roles, conocimientos y la postura general de cada uno de los interesados respecto al proyecto. (PMBOK 2013:398). |

Tabla 3.4.9.- Modelos de clasificación para el análisis de interesados.

| | | |
|---------------|--------------------|--|
| MATRIZ | PODER/INTERÉS | Agrupar a los interesados basándose en su nivel de autoridad y su nivel de preocupación. |
| | PODER/INFLUENCIA | Agrupar a los interesados basándose en su nivel de autoridad y su participación activa en el proyecto. |
| | INFLUENCIA/IMPACTO | Agrupar a los interesados basándose en su participación activa y su capacidad de efectuar cambios en el proyecto. |
| MODELO | DE PROMINENCIA | Describe las clases de interesados basándose en su nivel de autoridad, en su necesidad de atención y su legitimidad. |

La salida de este proceso es el registro de interesados, el cual contiene todos los detalles e información recopilada sobre los interesados del proyecto (Ver figura 3.4.8).

| | |
|---|--|
| Información de identificación | <ul style="list-style-type: none"> Nombre, puesto en la organización, ubicación, rol en el proyecto, información de contacto |
| Información de evaluación | <ul style="list-style-type: none"> Requisitos principales, expectativas principales, influencia potencial en el proyecto, fase del ciclo de vida con el mayor interés |
| Clasificación de los interesados | <ul style="list-style-type: none"> Interno/externo, partidario/neutral/reticente, etc. |

Figura 3.4.6.- Información contenida en el registro de interesados.

➤ **Planificar la gestión de los interesados**

Consiste en desarrollar estrategias de gestión adecuadas para lograr la participación eficaz de los interesados a lo largo del ciclo de vida del proyecto (PMBOK 2013:399).

Dentro de las entradas de este proceso se encuentran el PDP, el registro de interesados, los factores ambientales de la empresa y los activos de los procesos de la organización.

Las herramientas y técnicas propuestas por el PMBOK para realizar una correcta identificación de los interesados se mencionan en la tabla 3.4.10.

Tabla 3.4.10.- Herramientas y técnicas del proceso de planificar la gestión de los interesados.

| HERRAMIENTAS/TÉCNICAS | DESCRIPCIÓN |
|-----------------------|---|
| Juicio de expertos | Descrito en la tabla 3.4.2. |
| Reuniones | El objetivo de las reuniones es definir los niveles de participación requeridos de todos los interesados (PMBOK 2013:402). |
| Técnicas analíticas | Permiten comparar el nivel de participación actual de los interesados con los requeridos para concluir el proyecto con éxito. El nivel de participación se puede clasificar en desconocedor, reticente, neutral, partidario y líder; asimismo, la participación actual y deseada se puede documentar en la matriz de evaluación de participación de los interesados (PMBOK 2013:402). |

La salida que se obtiene de este proceso es el plan de gestión de los interesados. En dicho documento se recopila información sobre el registro de interesados, los niveles de participación actuales y deseados de los interesados clave, las interrelaciones entre los involucrados identificados, los requisitos de comunicación, el lenguaje, formato, contenido, plazo, frecuencia y nivel de detalle de la información a distribuir a los interesados y el método a utilizar para actualizar el plan (PMBOK 2013:403).

➤ **Gestionar la participación de los interesados**

Proceso que consiste en comunicarse y trabajar con los interesados fomentando su adecuada participación en las actividades del proyecto a lo largo del ciclo de vida del mismo (PMBOK 2013:404).

Dentro de las entradas de este proceso se encuentran el plan de gestión de los interesados, el plan de gestión de las comunicaciones, el registro de cambios y los activos de los procesos de la organización.

Las herramientas y técnicas propuestas por el PMBOK para realizar una correcta gestión de la participación de los interesados se mencionan en la tabla 3.4.11.

Tabla 3.4.11.- Herramientas y técnicas del proceso de gestionar la participación de los interesados.

| HERRAMIENTAS/TÉCNICAS | DESCRIPCIÓN |
|-----------------------------|---|
| Métodos de comunicación | Descrito en la tabla 3.4.10. |
| Habilidades interpersonales | Las habilidades personales que debe utilizar el director o gerente del proyecto para gestionar las expectativas de los interesados son: generar confianza, resolver conflictos, escuchar de forma activa y superar la resistencia al cambio (PMBOK 2013:407). |
| Habilidades de gestión | Las habilidades de gestión que debe utilizar el director o gerente del proyecto para armonizar o alinear al grupo hacia el logro de los objetivos del proyecto son: facilitar el consenso hacia los objetivos del proyecto, ejercer influencia sobre las personas para que apoyen el proyecto, negociar acuerdos para satisfacer las necesidades del proyecto y modificar el comportamiento de la organización para aceptar los resultados del proyecto (PMBOK 2013:408). |

Las salidas que se obtienen de este proceso son el registro de incidentes, solicitudes de cambio, actualizaciones al PDP, al registro de interesados y a los activos de los procesos de la organización.

➤ **Controlar la participación de los interesados**

Proceso que consiste en mantener o incrementar la eficiencia y la eficacia de las actividades de participación de los interesados a medida que el proyecto avanza (PMBOK 2013:409).

Dentro de las entradas de este proceso se encuentran el plan de la dirección del proyecto, el registro de incidentes y los datos de desempeño del trabajo y documentos del proyecto.

Las herramientas y técnicas propuestas por el PMBOK para realizar un correcto control de la participación de los interesados se mencionan en la tabla 3.4.12.

Tabla 3.4.12.- Herramientas y técnicas del proceso de control de la participación de los interesados.

| HERRAMIENTAS/TÉCNICAS | DESCRIPCIÓN |
|---------------------------------------|---|
| Sistemas de gestión de la información | Descrito en la tabla 3.4.6. |
| Juicio de expertos | Descrito en la tabla 3.4.2. |
| Reuniones | Permiten intercambiar y analizar información acerca de la participación de los interesados durante el desarrollo del proyecto. (PMBOK 2013:413) |

Las salidas que se obtienen de este proceso son la información de desempeño del trabajo, solicitudes de cambio, actualizaciones al PDP, al registro de interesados, al registro de incidentes y a los activos de los procesos de la organización.

3.4.6 Compatibilidad del PMI con la ISO 21500

La ISO 21500 es un estándar internacional que proporciona una descripción de alto nivel de conceptos y procesos que se consideran que forman parte de las buenas prácticas en dirección y gestión de proyectos. Los proyectos se ubican en el contexto de *programas*² y *carteras de proyectos*³; no obstante, dentro de la ISO 21500 no se proporciona una orientación detallada para la gestión de programas y de carteras de proyectos. En la figura 3.4.7 se muestra cómo se relacionan entre sí los conceptos claves propuestos por la ISO 21500 (ISO 21500: 2012).

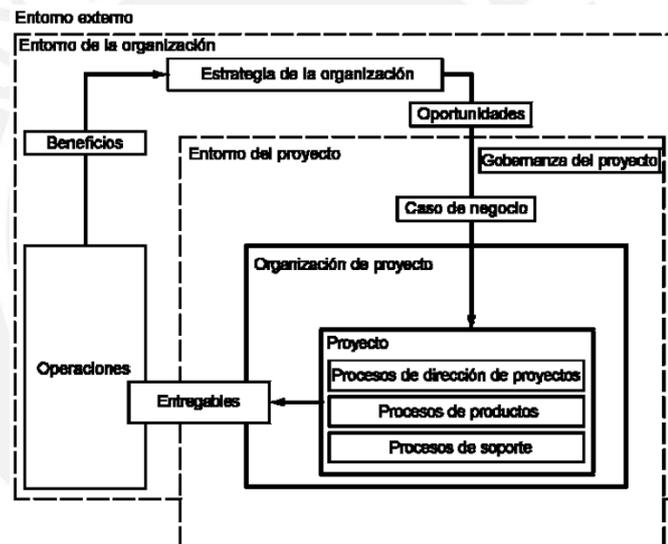


Figura 3.4.7.- Visión general de los conceptos de la dirección y gestión de proyectos y sus interrelaciones.

Este estándar internacional nace como respuesta a:

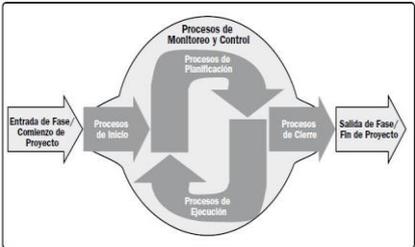
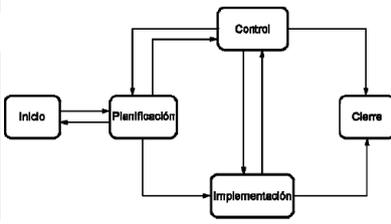
- La progresiva internacionalización de los proyectos.
- La necesidad de armonizar los estándares nacionales pre-existentes.
- La urgencia por establecer principios y procedimientos comunes de gestión de proyectos a nivel mundial.
- Recoger lo común y lo mejor de todas las normas internacionales.
- Ser aplicable a cualquier organización independiente del sector empresarial.

²Grupo de proyectos relacionados y otras actividades alineadas con metas estratégicas.

³Conjunto de proyectos, programas y otro tipo de trabajos que se agrupan para facilitar la gestión eficaz de dicho trabajo de modo que se cumplan las metas estratégicas (ISO 21500: 2012).

En la tabla 3.4.13, se muestra la comparación entre diferentes características y/o conceptos propuestos por el PMI y la ISO 21500.

Tabla 3.4.13.- Comparación del PMI con la ISO 21500.

| CARACTERÍSTICA/ CONCEPTO | PMBOK V5 | ISO 21500 |
|---|---|---|
| Tipo | Marco de referencia de buenas prácticas | Norma |
| Ciclo de vida del proyecto | Si | Si |
| Ciclo de vida del producto | Si | No |
| Roles en la gerencia de proyecto | Rol del Gerente del proyecto, Equipo del proyecto, Patrocinador, Gerentes funcionales. | Competencias generales del personal del proyecto |
| Número de procesos | 47 | 39 |
| Grupo de procesos | Iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control, cierre de fase o proyecto. | Iniciación, planificación, implementación, control y cierre. |
| Interacción entre grupo de procesos |  |  |
| Áreas de conocimiento/Temas | Áreas (Knowledge Areas) = 10 | Temas (Subjects) = 10 |
| Técnicas y herramientas en los procesos | Si | No |
| Descripción de entradas y salidas en los procesos | Si | No se describen, solo se mencionan |
| Procesos del Área de conocimiento/Tema: Gestión del alcance | <ol style="list-style-type: none"> 1. Planificar la gestión del alcance (Planificación) 2. Recopilar requisitos (Planificación) 3. Definir el alcance (Planificación) 4. Crear la EDT (Planificación) 5. Validar el alcance (Seguimiento y control) 6. Controlar el alcance (Seguimiento y control) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Definir el alcance (Planificación) 2. Crear la EDT (Planificación) 3. Definir las actividades (Planificación) 4. Controlar el alcance (Control) |
| Procesos del Área de conocimiento/Tema: Gestión de las comunicaciones | <ol style="list-style-type: none"> 1. Planificar la gestión de las comunicaciones (Planificación) 2. Gestionar las comunicaciones (Ejecución) 3. Controlar las comunicaciones (Seguimiento y control) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Planificar las comunicaciones (Planificación) 2. Distribuir la información (Implementación) 3. Gestionar las comunicaciones (Control) |
| Procesos del Área de conocimiento/Tema: Gestión de los interesados | <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar a los interesados del proyecto (Iniciación) 2. Planificar la gestión de los interesados (Planificación) 3. Gestionar la participación de los interesados (Ejecución) 4. Controlar la participación de los interesados (Seguimiento y control) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar las partes interesadas (Iniciación) 2. Gestionar las partes interesadas (Implementación) |

En base a la información presentada, se puede concluir que el PMI está alineado y es compatible a lo propuesto por la ISO 21500. Asimismo, cabe resaltar que en ambos sistemas el orden de los procesos no representa un orden cronológico; además, no se exige la aplicación de todos los procesos, sino que se deja a elección del director o gerente del proyecto (Vásquez 2012).

3.5 Building Information Modeling (BIM)

3.5.1 Definición de BIM

El término “BIM”, por sus siglas en inglés, puede ser traducido como modelado de la información de un edificio (actividad) o modelo de información de un edificio (objeto).

En base a la revisión bibliográfica realizada, se presentan las siguientes definiciones del concepto de BIM:

Según el *CIFE*⁴: “BIM/VDC es el uso de modelos virtuales multidisciplinarios de proyectos de diseño y construcción, incluyendo modelos de productos, procesos y organizaciones para apoyar objetivos de negocios explícitos y públicos” (Kunz y Fischer 2012: 01).

Según la *NIBS*⁵: “BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de un edificio o instalación. Asimismo, es considerado como un recurso de conocimiento compartido que permite obtener información confiable y crear una base fiable para la toma de decisiones durante su ciclo de vida, es decir, desde la concepción más temprana hasta la demolición” (NIBS 2010).

Según Autodesk: “BIM facilita una nueva forma de trabajar: la creación de diseños con objetos inteligentes. Independientemente del número de veces que se realicen cambios, la información del diseño sigue siendo coherente, coordinada y más precisa a través de todos los interesados” (Autodesk 2011).

Finalmente, es importante resaltar que BIM/VDC no es un objeto o tipo de software, sino una actividad humana que implica grandes cambios en la forma en que se ven, funcionan y construyen los proyectos (Eastman 2008: vii).

⁴*CIFE*: Center for Integrated Facility Engineering

⁵*NIBS*: National Institute of Standards and Technology

3.5.2 BIM a lo largo del ciclo de vida de un proyecto

Independiente del sistema de entrega de proyectos, la esencia de la metodología BIM/VDC está en crear procesos de profunda colaboración utilizando la mejor tecnología posible, alentando a la contribución temprana de conocimientos y experiencias e involucrando, de manera activa, a los participantes claves desde etapas iniciales (AIA 2007: 01). Es por ello que su implementación dentro de un proyecto implica un cambio en los componentes y las relaciones entre las fases, actividades y tareas a lo largo del ciclo de vida de este (Succar 2009: 363).

Las aplicaciones de los sistemas BIM/VDC son múltiples, y su utilización dependerá de los objetivos de negocios definidos al implementar esta tecnología (Saldías 2010: 35). Sus principales funciones y aplicaciones a lo largo del ciclo de vida de un proyecto se muestran en la tabla 3.5.1:

Tabla 3.5.1.- Aplicaciones de BIM/VDC a lo largo del ciclo de vida de un proyecto (Eastman et. al 2008).

| | DISEÑO CONCEPTUAL | DISEÑO DETALLADO | CONSTRUCCIÓN | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO |
|---------------------|--|--|--|---|
| APLICACIONES | 1. Concepto, viabilidad y diseño. 2. Evaluación temprana de alternativas de diseño para aumentar la calidad general del proyecto. | 1. Visualización. 2. Participación temprana de los involucrados. 3. Ingeniería concurrente. 4. Colaboración y comunicación efectiva entre múltiples disciplinas de diseño. 5. Detección de incompatibilidades. 6. Generación automática de planos y documentos. 7. Estimación de costos. 8. Generación y evaluación rápida de múltiples alternativas. 9. Simulación y análisis del producto. | 1. Estimación de la cantidad de materiales. 2. Planificación y control de la producción/ Simulación 4D. 3. Detección de incompatibilidades antes de la construcción. 4. Visualización del proyecto. 5. Uso del modelo como base para fabricar componentes. 6. Soporte en la implementación de técnicas y herramientas Lean. 7. Sincronización del abastecimiento con el diseño y construcción. | 1. Fuente fiable de información sobre el proyecto Asbuilt. 2. Administración y operación de instalaciones. |

3.5.3 Sistemas de entrega de proyectos que permiten la implementación de BIM

Un sistema de entrega de proyectos se refiere a la forma de contratación de servicios de diseño y/o construcción de un proyecto. En general, hay cinco tipos de sistemas: Diseño/Licitación/Construcción (DBB), Diseño/Construcción (DB), llave en mano, concesiones e Integrated Project Delivery⁶ (IPD). Sin embargo, en el Perú, los sistemas más conocidos para el desarrollo y entrega de un proyecto de construcción son los sistemas DBB, DB e IPD (Alcántara 2013: 32).

Sin importar el sistema de entrega que se elija, la metodología y herramientas BIM pueden ser utilizadas durante las diferentes fases de un proyecto. No obstante, no todos los sistemas de entrega de proyectos promueven el ambiente colaborativo necesario para desarrollar e implementar en todo su potencial las aplicaciones de BIM.

A continuación, se describe de manera visual los sistemas de entrega DBB, DB e IPD:

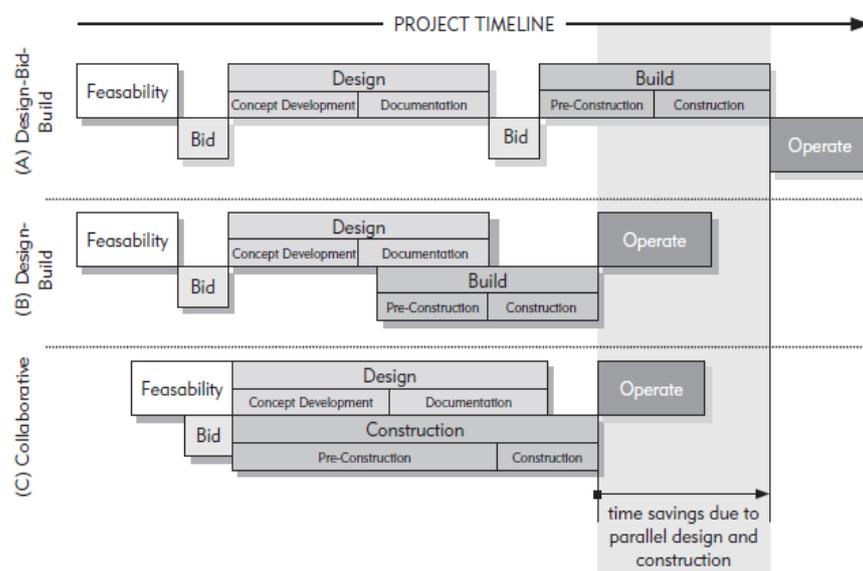


Figura 3.5.1.- Comparación entre tres sistemas de entrega de proyectos (Eastman et. al 2008: 116).

⁶ Entrega de proyectos integrados

Como se observa en la figura 3.5.1, en el sistema tradicional de entrega de proyectos DBB, la finalización de una fase da inicio a la siguiente, lo cual genera un proceso no colaborativo a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Teniendo en cuenta que BIM/VDC es un proceso de diseño y construcción virtual de un proyecto, el enfoque tradicional DBB no es considerado como el mejor sistema para promover los beneficios de BIM/VDC, ya que el encargado de la construcción no participa en el proceso hasta después de que se haya completado la fase de diseño (Hergunsel 2011: 10).

Por otro lado, cuando se utiliza el sistema DB, las fases de desarrollo se superponen y generan una integración entre los proyectistas y el contratista del proyecto. Lo mismo sucede con el sistema IPD, en el cual también se puede observar un proceso colaborativo entre las etapas de diseño y construcción.

Finalmente, se puede llegar a la conclusión de que los sistemas de Diseño/Construcción (DB) e IPD son mejores para maximizar el uso de BIM.

➤ **Diseño/Construcción**

El sistema DB consiste en un procedimiento para entregar un proyecto en donde los aspectos de diseño y construcción son contratados a una única entidad conocida como el diseñador-constructor o contratista diseño-construcción. Este sistema es usado para minimizar los riesgos para el cliente y reducir el tiempo de entrega del proyecto al traslapar las etapas de diseño y construcción (Alcántara 2013: 33).

En el Perú este modelo de contratación se emplea por lo general en proyectos privados de envergadura, frecuentemente administrados bajo contratos denominados EPC (Engineering, Procurement and Construction), así como también en proyectos tipo “Fast Track” o proyectos con cronograma acelerado (Alcántara 2013: 33).

En relación con el uso de BIM/VDC, el enfoque DB ofrece una excelente oportunidad para explotar la tecnología BIM, porque una sola entidad es responsable del diseño y construcción y ambas áreas participan en la fase de diseño. Asimismo, el logro de cambios y resultados positivos en el proyecto dependerá de que tan bien y en qué etapa el equipo del proyecto trabaja de manera colaborativa con el modelo BIM. Si el modelo es desarrollado y compartido durante etapas iniciales, su utilidad será mayor (Eastman 2008: 07).

➤ Integrated Project Delivery

El IPD es un enfoque de ejecución de proyectos que integra personas, sistemas, subsistemas, estructuras y prácticas empresariales en un proceso que aprovecha colaborativamente el talento y los aportes de todos los interesados. Mediante el IPD se optimizan los resultados del proyecto, se aumenta el valor para el cliente, se reduce el desperdicio y se maximiza la eficiencia en todas las fases de diseño, fabricación y construcción.

La figura 3.5.2 muestra los siete pilares principales del sistema de entrega de proyectos IPD. Como se puede observar, BIM se presenta como un elemento opcional, ya que se considera como una herramienta tecnológica. No obstante, BIM promueve estrategias colaborativas de toma de decisiones, las cuales son fundamentales para el desarrollo de del sistema IPD. Es por ello que muchos autores consideran que BIM es un elemento crucial para lograr de manera eficiente la colaboración necesaria para el IPD (AIA 2007: 01).



Figura 3.5.2.- Los 7 pilares del IPD (Spata 2010).

3.5.4 BIM durante la etapa de diseño

A. Aplicaciones de BIM

➤ Visualización

Ya sea en una forma estética como funcional, los sistemas BIM ofrecen la posibilidad de hacer los modelos con cierto grado de realismo pudiendo exportar vistas en 2D (Plantas, cortes, elevaciones, detalles, etc.), en 3D (isométricas, perspectivas, renders), en 4D (simulaciones de construcción) y 5D (estimaciones de costo). Esto

permite que el diseño de un edificio sea más comprensible por parte de todos los involucrados del proyecto, incluso si no cuentan con conocimiento técnico sobre en el tema (Fuentes 2014: 14).

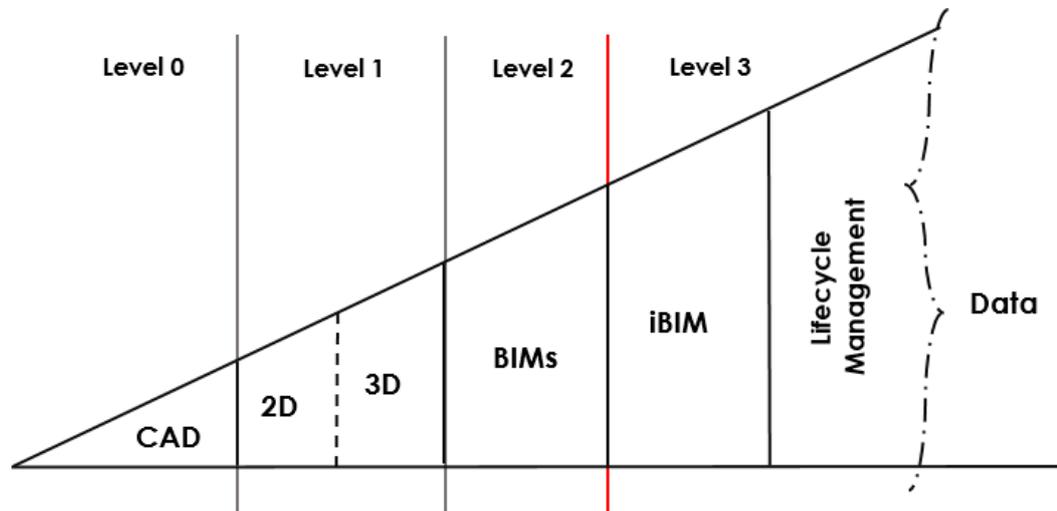


Figura 3.5.3.- UK Government BIM roadmap (Adaptado de Eastman et. al: 2011).

➤ **Participación temprana de los involucrados del proyecto**

Como ejemplo de los beneficios de la participación temprana, los contratistas pueden contribuir a diseñar el producto y proceso del proyecto al proporcionar información específica de la construcción durante la etapa de diseño. De esta manera, se puede realizar un análisis de la constructabilidad durante el diseño.

Asimismo, los modelos generados durante la etapa de diseño serán más útiles para los involucrados de etapas posteriores, por ejemplo, durante la planificación de la producción (modelos 4D - 3D vinculados con el horario de la construcción) y en la estimación de costos y recursos (5D- 4D vinculados con el presupuesto) (Dave et. al 2013: 17).

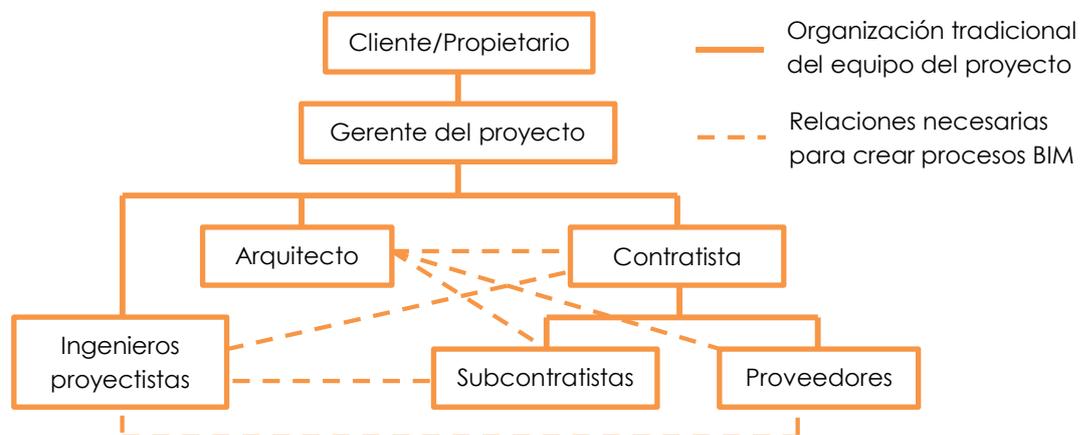


Figura 3.5.4.- Relaciones de comunicación necesarias para crear procesos BIM (Adaptado de: Eastman et. al 2008: 116).

➤ **Colaboración y comunicación efectiva entre múltiples disciplinas de diseño**

La tecnología BIM facilita el trabajo simultáneo de múltiples especialidades de diseño (arquitectura, estructuras, instalaciones, entre otros). Si bien la colaboración con dibujos 2D también es posible, es más difícil y consume mucho más tiempo en comparación a trabajar con uno o más modelos 3D, en los que el control de cambios puede ser gestionado de manera eficiente (Eastman et. al 2008: 17). Asimismo, BIM es una herramienta que ayudará al equipo del proyecto a comunicarse de manera más rápida y precisa que las prácticas tradicionales. Sin embargo, la implementación de esta herramienta no será efectiva sin la colaboración de todos los involucrados (Ryan 2013).

Gestionar los planos de las diferentes especialidades mediante un modelo 3D integrado acorta el tiempo de diseño y reduce las omisiones y errores entre los diseños de las diferentes especialidades (Eastman et. al 2008: 17).

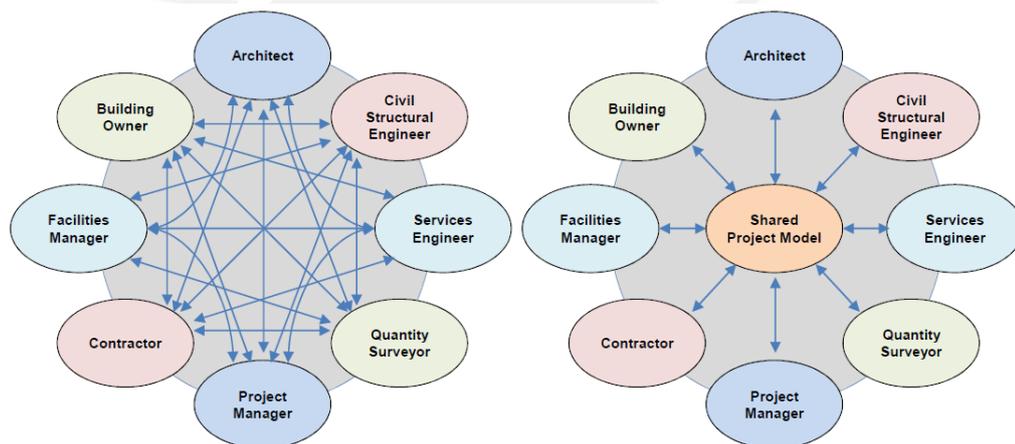


Figura 3.5.5.- Comunicación efectiva entre los involucrados a través de un modelo BIM.
(www.futurebuild.wordpress.com)

➤ **Mantenimiento de la información y la integridad del diseño**

Esta capacidad se logra porque los programas BIM están basados en elementos y parámetros que permiten almacenar la información. Al ser modificada una de las características de algún elemento, esta será actualizada automáticamente en las diferentes vistas en las que se encuentra (elevaciones, cortes, en planta y en 3D), de esta manera las incompatibilidades que se presentan usualmente entre las vistas en planta y corte en una disciplina serán eliminadas (Fuentes 2014: 13).

➤ **Detección de incompatibilidades**

La revisión de interferencias es el principal uso que se les da a los modelos BIM, especialmente en proyectos que involucran una infraestructura compleja. Este

análisis reduce los RFI y las ordenes de cambio, lo que aumenta la productividad y reduce costos durante la etapa de construcción (Saldias 2010: 45).

Existen dos tipos de incompatibilidades: “hard clash”, donde dos objetos ocupan el mismo espacio y “soft clash”, donde dos objetos están tan cerca que no dejan espacio suficiente para el acceso. Asimismo, hay varios productos de software especializados (Navisworks, Solibri Model Checker y Tekla BIMsight) que permiten detectar incompatibilidades o conflictos en un modelo de manera automática (Dave et. al 2013: 14). No obstante, los programas no resuelven los problemas automáticamente, su función es ser una herramienta de apoyo, es por ello que será responsabilidad del equipo de diseño buscar la mejor solución para levantar las incompatibilidades detectadas durante las diferentes etapas del proyecto.

➤ **Generación automática de planos y documentos**

El Software BIM permite automatizar el proceso de generación inicial de planos y documentos, restando que el usuario solo incluya anotaciones personalizadas en ellos. Por otro lado, un sistema BIM actualiza automáticamente los cambios realizados en el modelo, en los informes y cronogramas, manteniendo la integridad entre ambos (Eastman et al. 2008: 16).

➤ **Estimación de costos**

Un modelo BIM adecuadamente desarrollado contiene la información geométrica y las propiedades de los elementos presentes, por lo que puede ser utilizada como una base de datos para extraer cantidades de materiales y reemplazar a los cálculos manuales desarrollados a lo largo de todo el proyecto, ya sea para obtener el presupuesto como también para pedir los volúmenes de materiales que serán utilizados en una determinada fecha (Fuentes 2014: 15).

En la etapa final de diseño, una estimación basada en las cantidades de todos los objetos que aparecen en el modelo permite la preparación de una estimación más precisa coste final. Como consecuencia, es posible tomar decisiones de diseño mejor informadas y confiables en base a los costos utilizando BIM/VDC, en lugar de un sistema basados en documentos y cálculos manuales (Eastman et al. 2008: 18).

➤ **Generación y evaluación rápida de múltiples alternativas de diseño**

La manipulación rápida de un modelo BIM es un factor clave para la iteración necesaria para realizar un análisis de múltiples alternativas de diseño (Eastman et al. 2008: 378).

Asimismo, cuando los clientes o usuarios finales se dedican a la revisión simultánea de diferentes alternativas de diseño mediante modelos 3D, pueden identificar de manera más fácil los conflictos entre sus requerimientos y la funcionalidad de las propuestas de diseño de las diferentes especialidades del proyecto (Eastman et al. 2008: 429).

➤ **Simulación y análisis del producto**

Evaluar el diseño usando las tecnologías CAD tradicionales y herramientas relacionadas puede ser proceso largo y tedioso. BIM ofrece la oportunidad de simular el modelo del diseño en contra de los criterios de rendimiento que figuran desde una etapa temprana como: comportamiento estructural, desempeño térmico, iluminación, acústica, desempeño energético y sostenibilidad (Dave et al. 2013: 15). De esta manera se puede asegurar que el diseño sea adecuado para el propósito, mejorar el valor para el cliente y reducir pérdidas debido a mal funcionamiento del producto durante su operación (Dave et al. 2013: 16).

B. Técnicas y herramientas BIM

➤ **Modelos 3D del producto**

Son considerados herramientas visuales inteligentes debido a las relaciones y la información que se construyen de forma automática. Los componentes dentro del modelo saben cómo actuar e interactuar; por ejemplo, una habitación es más que un concepto abstracto, es un espacio único contenido por otros elementos de construcción (paredes, pisos y techos) que definen los límites del ambiente. Si los diseñadores cambian un elemento del modelo, el software utilizado coordina automáticamente el cambio en todas las vistas que muestran ese elemento, incluyendo vistas 2D, vistas informativas y vistas 3D (Autodesk 2011: 01).

Finalmente, es importante que se defina el alcance o nivel de detalle del modelo (LOD), según el uso que se le quiere dar a lo largo del ciclo de vida del proyecto, antes de iniciar la etapa de diseño. El LOD sirve para valorar para medir la cantidad

y la calidad de información a representar. Los niveles de detalle, según la calidad del acabado, se muestran en la tabla 3.5.2:

Tabla 3.5.2.- Niveles de detalle de un modelo BIM (AIA 2013)

| NIVEL DE DETALLE | DESCRIPCIÓN |
|------------------|---|
| LOD 100 | Aporta volumen, orientación y área. Es útil durante el diseño conceptual del proyecto. |
| LOD 200 | Las masas han sido reemplazadas por elementos genéricos (losas, placas, columnas, etc.). El uso que se da es simplemente incrementar la capacidad de análisis; no obstante, las mediciones son aproximadas. |
| LOD 300 | Los materiales de cada elemento han sido definidos, aporta información, geometría y medidas más precisas. El uso que se le da es para realizar estimaciones y metrados finos. |
| LOD 400 | Contiene el detalle necesario para la fabricación o construcción y el nivel de mediciones es exacto. Asimismo, al modelo se le añaden planos 2D (líneas, nombres, especificaciones, etc.). |
| LOD 500 | Representa el proyecto construido, según condiciones conforme a obra (Planos ASBUILT). Es adecuado para el mantenimiento y el funcionamiento de la instalación. |

➤ **Modelos BIM+: 4D y 5D**

Los modelos BIM pueden ser exportados a diferentes programas en los cuales se utiliza la información espacial y geométrica de cada uno de los elementos para relacionarlos con actividades del cronograma de obra de un proyecto (MsProject o Primavera P6); el resultado de esta integración será una simulación en 4D (3D + tiempo) de la construcción virtual del edificio. Los elementos del modelo BIM son asignados a fechas reales programadas y que pueden representarse también las fechas reales de ejecución en la secuencia temporal, por lo que puede ser utilizado no solo en la etapa de diseño, sino durante etapas posteriores, como la construcción del proyecto (Fuentes 2014: 14).

Por otro lado, una estimación de costos mediante un modelo 5D se convierte en la directriz fundamental para determinar la viabilidad de los proyectos y también actúa como el principal parámetro con el que el diseño tiene que ajustarse a lo largo de su desarrollo (Wu et al. 2014: 536). La tecnología BIM permite que los modelos generados durante etapas iniciales del proyecto puedan estar vinculados a un software que permita extraer cantidades de los objetos, área y volúmenes, de manera automática (Eastman et al. 2011: 222). Sin embargo, es importante tener en cuenta que el nivel de detalle de la estimación es un reflejo del nivel de detalle del modelo BIM. Por ejemplo, si las barras de refuerzo no están incluidas dentro del alcance del modelo BIM, estos valores no podrán ser calculados de forma automática (Eastman et al. 2011: 223).

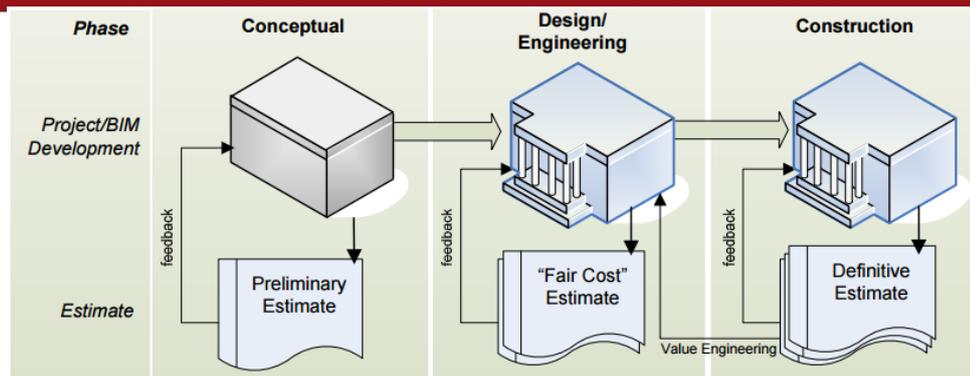


Figura 3.5.6.- Estimación de costo de un proyecto (Sabol 2008: 03)

➤ Mapeo de procesos

Es una herramienta visual para la documentación de todos los pasos o procesos que agregan valor al producto final, desde la perspectiva del cliente, a lo largo del flujo de trabajo. El equipo del proyecto debe discutir, mientras crean el mapa, su entendimiento del diseño, el trabajo correspondiente a cada involucrado y cómo ese trabajo se conecta con el trabajo del resto del equipo (Dave et al. 2013: 22).

Asimismo, el equipo del proyecto negocia lo que necesitan para producir y en qué nivel de detalle para que el trabajo aguas abajo pueda proceder con más certeza. El plan es revisado con regularidad, ya que, a medida que más información esté disponible y que el diseño evoluciona, el plan también evoluciona: se añaden nuevas tareas, tareas existentes se hacen más específicas y las tareas que ya no añaden valor añadida se eliminan (Dave et al. 2013: 22).

➤ Sesiones ICE

A mediados de 1990, un equipo de diseño del *Jet Propulsion Laboratory*⁷ (JPL), llamado "TeamX", creó diseños conceptuales de la etapa de una misión espacial en pocas semanas mediante el desarrollo de una cultura y un conjunto de métodos de diseño acelerado. Los investigadores llaman a este método: *Integrated Concurrent Engineering*⁸ (ICE) (Kunz y Fischer 2012: 35).

Durante las sesiones ICE se combina modelamiento avanzado, herramientas de visualización, análisis y comunicación eficaz, integración de expertos, un conjunto de procesos sociales coherentes y un ambiente con la tecnología adecuada para crear diseños preliminares de sistemas o proyectos complejos (Chachere et al. 2008: 02).

⁷Laboratorio de propulsión a chorro

⁸Ingeniería Integrada Concurrente

A continuación, se describen los involucrados que forman parte de una sesión ICE, así como sus roles o responsabilidades:

- Líder del equipo: Controla en contenido y resultados de la sesión, busca la participación de los demás miembros, define los objetivos de la sesión y les da seguimiento durante el proceso.
- Facilitador: Ayuda a coordinar la comunicación entre los miembros del equipo. Es un participante neutral en cuanto al contenido o temas que se están debatiendo.
- Recorder: Toma nota y documenta todas las decisiones, compromisos e información importante que surgieron durante la sesión.
- Miembros del equipo: Expertos que contribuyen al desarrollo de los productos y procesos.

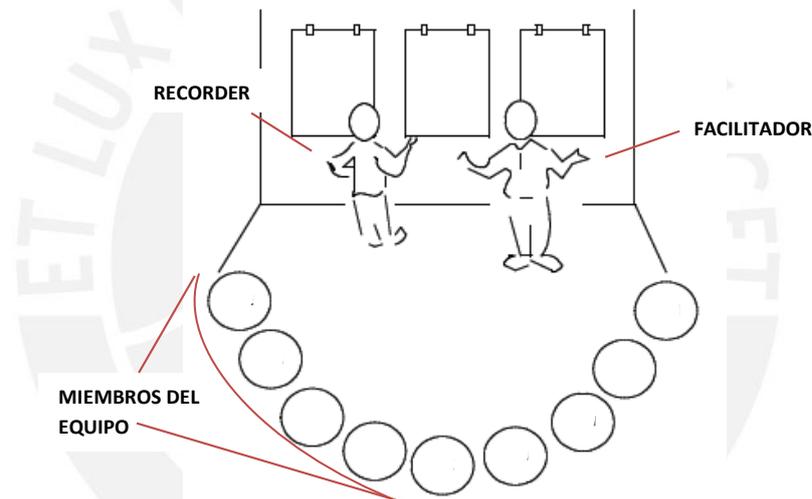


Figura 3.5.7.- Ejemplo de lay out de una sesión ICE (Arbulú 2012).

Por otro lado, uno de los mayores inconvenientes para lograr la realización de las sesiones ICE es la fragmentación ocasionada debido a que los involucrados del proyecto están distribuidos geográficamente en lugares diferentes. Sin embargo, ante este inconveniente, se presenta como solución la implementación de ambientes “big room”.

El “big room” o gran sala es un espacio de colaboración, donde los involucrados de las sesiones ICE trabajan juntos para acelerar la toma de decisiones, mejorar la comunicación, reducir la cantidad de RFI, mejorar los entregables y evitar retrasos en durante las etapas de diseño, pre-construcción y construcción (Allen 2014).

Finalmente, es importante tener en cuenta que reunir a todos los involucrados en un mismo lugar puede crear mucho ruido en forma de sobrecarga de información. Sin embargo, desarrollar una gestión apropiada del flujo de la información mediante el soporte de tecnologías como SmartBoards, internet de alta velocidad, modelos BIM y plataformas online de archivos compartidos, pueden lograr que las sesiones “big room” logren resultados exitosos (Allen 2014).



Figura 3.5.8.- Ejemplos de sesiones ICE en ambientes big room (Fischer 2012).

➤ **Métricas**

Son herramientas utilizadas para medir los resultados de un proyecto. Cuando los resultados se miden durante un periodo de tiempo, se denominan métricas de mejora (Larson 2003: 57). Estas herramientas contienen tres elementos: una línea base, una meta establecida y un rendimiento a la meta medible (Larson 2003: 58).

A continuación se muestran los tres tipos de métricas que se pueden establecer a lo largo del ciclo de vida del proyecto:

Tabla 3.5.3.- Tipos de métricas (Murguía 2014).

| | |
|-------------------------------|---|
| Métricas de resultados | Resultados al final del proceso. Ejemplo: Costo, plazo, calidad, seguridad. |
| Métricas de proceso | Se miden en un determinado periodo de tiempo (anual, mensual, semanal o diario). Ejemplo: Número de RFI generados durante el diseño, tiempo de respuesta promedio de RFI, porcentaje del plan completado (PPC), entre otros. |
| Factores controlables | Relacionados a las políticas, métodos y herramientas que se deciden usar o no. Ejemplo: Número de versiones de diseño, nivel de detalle del modelo 3D, número de personas en el equipo capacitadas en VDC, entre otros. |

Finalmente, para representar los resultados obtenidos de las métricas definidas, se pueden utilizar herramientas visuales como tablas, gráficos o diagramas y líneas de tiempo.

3.5.5 Consideraciones para la implementación y operación de BIM

Es un error común pensar que la compra de una pieza de software es la respuesta a la adopción de una nueva estrategia de negocios/diseño. BIM es en realidad un proceso que se basa en modelos de información para ayudar a los involucrados de un proyecto AEC⁹ a planificar, diseñar, construir y gestionar el proyecto de manera más eficiente. Es por ello que su implementación en un proyecto o una organización impactará en las personas, procesos y en el conjunto de herramientas tecnológicas a utilizar (Autodesk 2011: 04).

➤ Personas

El equipo del proyecto necesitará la formación y aprendizaje, a un nivel apropiado, de los conceptos y herramientas BIM que se desean utilizar en una organización o proyecto. Es importante tener en cuenta que no todos los involucrados del proyecto necesitan saber cómo elaborar o manejar un modelo BIM; no obstante, sí necesitan comprender la información que está contenida dentro del modelo, cómo extraer esa información y cómo actualizarla con el fin de crear un modelo Asbuilt al final del proyecto (Dave et al. 2013: 31).

➤ Procesos

BIM/VDC cambia el nivel general de esfuerzo al principio del proyecto, lo cual influye en los flujos de trabajo de una organización y las necesidades de personal. La distribución tradicional de un equipo de diseño se rige por el enorme esfuerzo que se requiere para producir un conjunto de documentos de construcción, con papeles correspondientes a la elaboración de tipos: planos, elevaciones, cortes y detalles. Al utilizar BIM, el esfuerzo de documentación se verá reducido y se obtendrá como resultado un producto con una mayor calidad y con menos RFI durante la construcción (Autodesk 2011: 08).

⁹AEC: *Architecture, Engineering and Construction (Arquitectura, ingeniería y construcción).*

Teniendo en cuenta que un número significativo de los procesos se verá afectado por la implementación de BIM; es mejor poner en práctica esta iniciativa de manera estratégica a través de un programa de cambio de negocio en lugar de tomar un enfoque poco sistemático o basado en proyectos (Dave et al. 2013: 29).

➤ **Tecnología**

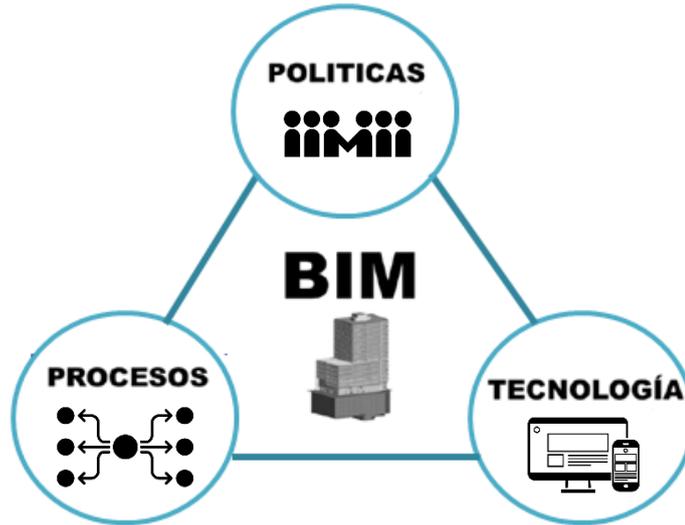
Se debe tener en cuenta que un solo paquete de software no podrá satisfacer todas la necesidades de un proyecto a lo largo de su ciclo de vida (conceptualización, diseño, construcción, operación y mantenimiento). Es por ello que para seleccionar las herramientas tecnológicas más apropiadas, se recomienda tener en cuenta las consideraciones mostradas en la tabla 3.5.4:

Tabla 3.5.4.- Consideraciones para seleccionar tecnologías BIM (Dave et al. 2013: 32).

| CONSIDERACIONES | | |
|--|---|--|
| COSTO | RIESGOS | OPORTUNIDADES |
| Licencia del software | <u>Interoperabilidad:</u> 1. Realizar trabajos de una misma especialidad en diferentes plataformas. 2. Utilizar distintos niveles de detalle o alcance en los modelos de las diferentes especialidades. | Funciones del software: planificación, simulación, revisión del modelo, plataformas de información compartida y tecnologías móviles. |
| Mantenimiento | Disponibilidad de operadores competentes | |
| Capacitación del personal | Soporte adecuado del software | |
| Compra de nuevos equipos con la capacidad adecuada | Desarrollo de acuerdos de intercambio de datos e información entre los interesados del proyecto | |

Finalmente, para lograr una implementación exitosa de BIM, las empresas suelen requerir actualizaciones de hardware y redes: CPU más potentes y con más memoria, dispositivos WAN, monitores más grandes y con mejor resolución. Por ejemplo, lograr una mayor colaboración durante la etapa de diseño puede requerir de una inversión adicional en forma de tecnología de videoconferencia y grandes pantallas de visualización. Asimismo, el aumento de la cantidad de información que se comparte durante el ciclo de vida de un proyecto BIM puede requerir una solución de gestión de datos como plataformas compartidas, Cloud Computing e intranets (Autodesk 2011: 12).

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| -Centros de investigación | -Regulaciones |
| -Cuerpos regulatorios | -Programas educativos |
| -Instituciones educativas | -Acuerdos contractuales |
| -Compañías de seguros | -Proyectos de investigación |
| | -Benchmarking |
| | -Estándares (Guías) |



- | | | | |
|------------------------|-----------------------|------------------------|--|
| -Propietarios | -Modelos | -Compañías de software | -Software BIM |
| -Gerentes de proyectos | -Documentos de diseño | -Compañías de hardware | -Equipamiento y dispositivos periféricos |
| -Proyectistas | -Componentes | -Proveedores de redes | -Sistemas de comunicación |
| -Estimadores | | | -Sistema geográfico de información |
| -Usuarios | | | |
| -Contratistas | | | |
| -Proveedores | | | |

Figura 3.5.9.- Campos que interactúan durante la implementación de BIM
(Adaptado de Succar 2008: 361).

CAPITULO 4: PROPUESTA DE INTEGRACIÓN ENTRE LAS TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PLANTEADAS POR LOS DIFERENTES SISTEMAS DE GESTIÓN

4.1 Metodología de integración

El propósito fundamental de este capítulo es proponer una integración de procesos, técnicas y herramientas de los sistemas de gestión descritos en el capítulo 3, la cual ayudará a mejorar la gestión del diseño en dos aspectos: gestión visual y de comunicaciones.

La propuesta de integración de técnicas y herramientas se realizará siguiendo una metodología compuesta por cuatro fases, las cuales se explican de manera resumida en la figura 4.1.

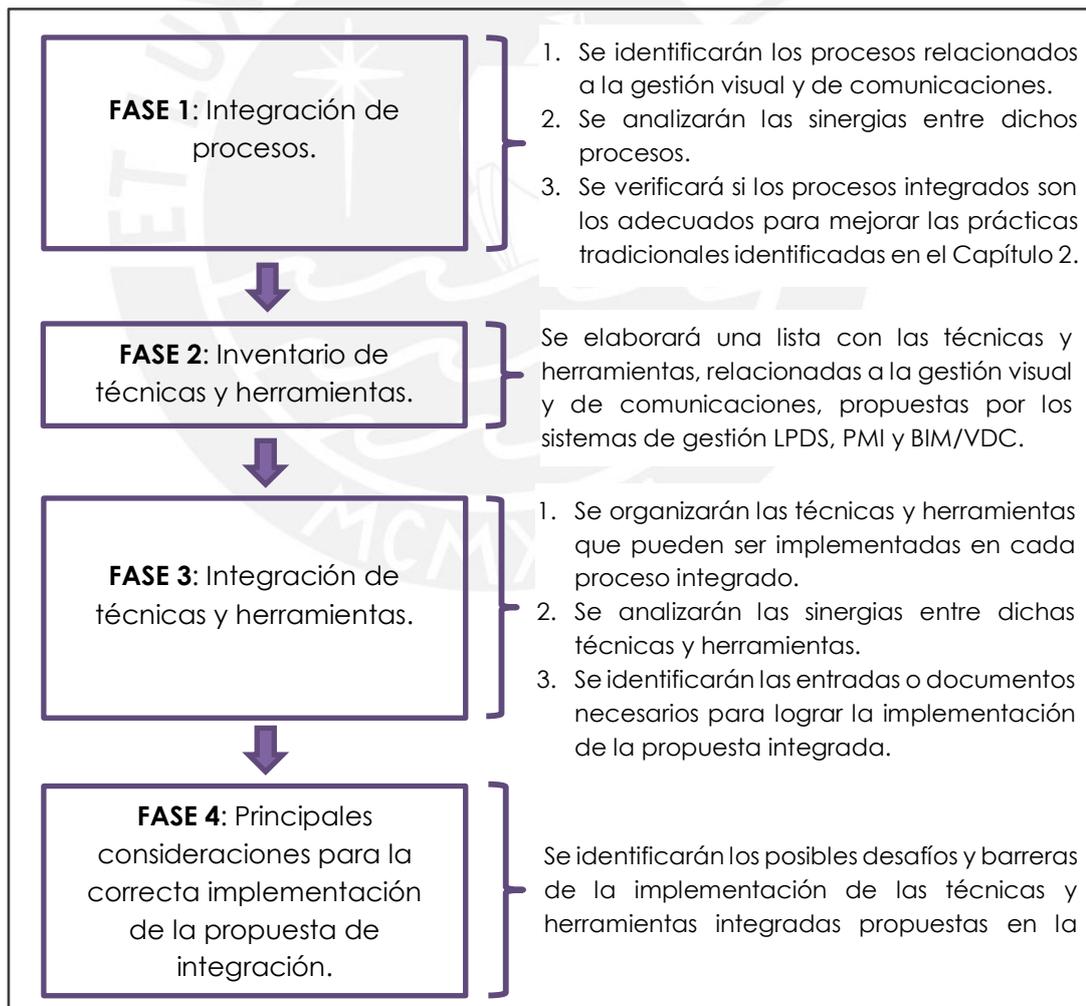


Figura 4.1.- Diagrama de la metodología de integración propuesta

4.2 Integración de los procesos relacionados a la gestión de las comunicaciones y visual durante la etapa de diseño

Como se explicó en el ítem anterior, para realizar la propuesta de procesos integrados, en primer lugar, se identificarán y organizarán los procesos propuestos por los sistemas de gestión en estudio tal como se muestra en la figura 4.2.

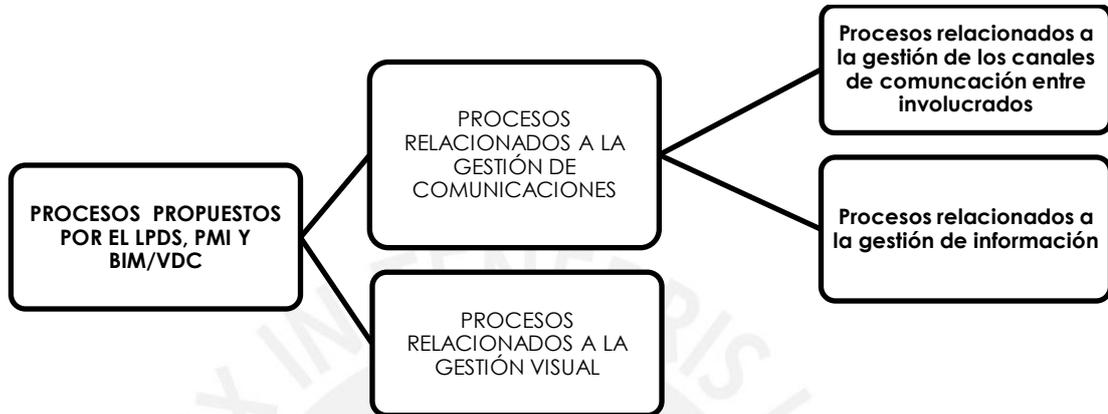


Figura 4.2.- Diagrama de organización de procesos

En segundo lugar, se proponen dos tablas en las cuales se realizará la identificación y organización por filas, según la sinergia existente, de los procesos propuestos por cada sistema de gestión.

Finalmente, dentro de las tablas descritas se añadirá una columna de verificación, en la cual se describirá la mejora que cada proceso integrado podría lograr mediante su correcta implementación. Cabe resaltar, que los aspectos de mejora de la columna de verificación fueron obtenidos en base al diagnóstico de las encuestas descritas en el Capítulo 2 (Ver Anexos N° 11, 12 y 13).

4.2.1 Procesos integrados relacionados a la gestión de las comunicaciones

Como se muestra en las tablas 4.1 y 4.2, en seis casos se encontraron procesos similares entre dos sistemas de gestión. Asimismo, hubo un solo caso en el que un sistema de gestión proponía un proceso que los otros dos sistemas no consideraban.

Del total de diecinueve procesos identificados entre los tres sistemas de gestión, mediante la integración realizada, se proponen tres procesos integrados enfocados a la gestión de los canales de comunicación entre involucrados y cuatro procesos integrados enfocados a la gestión de la información durante la etapa de diseño.

Finalmente, como se puede observar en la columna de verificación, los procesos integrados cumplen con el objetivo de mejorar y optimizar las principales deficiencias relacionadas a la gestión tradicional de comunicaciones durante la etapa de diseño de los proyectos de construcción en nuestra ciudad.

Tabla 4.1.- Procesos integrados relacionados a la gestión de los canales de comunicación

| Procesos de cada sistema de gestión relacionados a la gestión de comunicaciones en la etapa de diseño | | | | | |
|---|---|---|---|--|--|
| | LPDS | PMI | BIM/VDC | INTEGRACIÓN | DIAGNÓSTICO |
| Gestión de los canales de comunicación entre los involucrados | - | <ul style="list-style-type: none"> - Planificar la gestión de los involucrados. - Gestionar la participación de los involucrados. - Involucrar a los principales stakeholders en el desarrollo del plan de gestión del alcance y para definir el alcance del proyecto. | <ul style="list-style-type: none"> - Participación temprana de los involucrados. | <ul style="list-style-type: none"> - Planificar la participación temprana de los involucrados. | <p>Aún no se integra a los involucrados de etapas tardías durante la etapa de diseño.</p> |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Organización en equipos multidisciplinarios. - Constructabilidad en el diseño. | - | <ul style="list-style-type: none"> - Ingeniería concurrente. - Diseño simultáneo del producto y el proceso. | <ul style="list-style-type: none"> - Realizar el diseño simultáneo del producto y el proceso mediante sesiones de ingeniería concurrente. | <p>La cantidad de reuniones en las que participan la mayoría de involucrados durante la etapa de diseño es muy poca. Asimismo, el ambiente en el que se desarrollan dichas reuniones no permite el desarrollo de sesiones de ingeniería concurrente.</p> |
| | - | <ul style="list-style-type: none"> - Controlar la participación de los involucrados. | - | <ul style="list-style-type: none"> - Controlar la participación de los involucrados | <p>Los medios de comunicación e interacción entre involucrados no permite que se realice un adecuado seguimiento y control de la participación de los mismos.</p> |

Tabla 4.2- Procesos integrados relacionados a la gestión de la información

| Procesos de cada sistema de gestión relacionados a la gestión de comunicaciones en la etapa de diseño | | | | | | |
|---|---|------|--|--|--|--|
| | | LPDS | PMI | BIM/VDC | INTEGRACIÓN | DIAGNÓSTICO |
| Gestión de la información | - | | - Planificar la gestión de las comunicaciones. | - Comunicación efectiva entre múltiples disciplinas de diseño. | - Planificar la gestión de las comunicaciones del proyecto. | El flujo de información durante la etapa de diseño se asemeja al de un proyecto que realiza el trabajo de múltiples especialidades mediante dibujos 2D. |
| | - Uso de tecnologías que faciliten la gestión de información. | | | - Colaboración efectiva entre múltiples disciplinas de diseño. | - Planificar la gestión del modelo BIM del proyecto. | En la mayoría de proyectos se utilizan software de dibujo 2D y planos en físico como herramientas de comunicación y visualización. |
| | - Seguir una estrategia de múltiples alternativas. | | | - Generación y evaluación rápida de múltiples alternativas. | - Seguir una estrategia de múltiples alternativas de diseño. | No se realiza una estrategia de múltiples alternativas, cada especialista propone, como máximo, dos propuestas de diseño. |
| | - Minimizar las iteraciones negativas. - Utilizar el sistema "Último planificador" para el control de la producción. | | - Documentar los requisitos del proyecto. - Controlar las comunicaciones. | | - Controlar las comunicaciones y el modelo BIM del proyecto. | En la mayoría de proyectos se lleva un control de las actualizaciones de los planos elaborados mediante plantillas de Excel y se cuenta con una persona encargada de comunicar dichas actualizaciones. |

4.2.2 Procesos integrados relacionados a la gestión visual

Como se muestra en la tabla 4.3, en dos casos se encontraron procesos similares entre dos sistemas de gestión y en un solo caso un sistema de gestión proponía un proceso que los otros dos sistemas no consideran.

Del total de seis procesos identificados entre los tres sistemas de gestión, mediante la integración realizada, se proponen tres procesos integrados enfocados a la gestión de visual durante la etapa de diseño.

Finalmente, como se puede observar en la columna de verificación, los procesos integrados cumplen con el objetivo de mejorar y optimizar las principales deficiencias relacionadas a la gestión visual tradicional durante la etapa de diseño de los proyecto de construcción en nuestra ciudad.

Tabla 4.3.- Procesos integrados relacionados a la gestión visual

| Procesos de cada sistema de gestión relacionados a la gestión visual en la etapa de diseño | | | | |
|--|--|--|---|--|
| LPDS | PMI | BIM/VDC | INTEGRACIÓN | DIAGNÓSTICO |
| - | - Determinar los requisitos y el alcance del proyecto mediante el uso de prototipos. | - Simulación y análisis del producto. | - Determinar el alcance y los requisitos del proyecto mediante la simulación y análisis del producto. | No se utilizan tecnologías que permitan la simulación y análisis del producto (SimaPro, Navisworks Manage, Vico software, entre otros). |
| - Uso tecnologías de visualización. | - | - Visualización del proyecto. - Gestión del modelo BIM. | - Gestión del modelo BIM. | No se utilizan tecnologías que permitan la visualización del proyecto (Revit, Tekla, Navisworks, Sketchup, AutoCAD 3D, entre otros). |
| - | - | - Detección de incompatibilidades. | - Realizar una temprana detección de incompatibilidades entre especialidades. | Aún no se logró detectar y levantar las incompatibilidades entre especialidades en los entregables finales del proyecto (planos, especificaciones técnicas, memoria descriptiva, entre otros). |

4.3 Inventario de técnicas y herramientas relacionadas a la gestión de las comunicaciones y visual durante la etapa de diseño

En el Capítulo 3 se identificaron y describieron las técnicas y herramientas que plantean el LPDS, el PMI y BIM/VDC para gestionar los procesos relacionados a la gestión visual y de comunicaciones, durante la etapa de diseño.

En la figura 4.3 se presenta la lista de técnicas y herramientas, organizadas por sistema de gestión, que serán consideradas y servirán como base para la propuesta de integración que se realizará en el presente capítulo.

| LPDS | PMI | BIM/VDC |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Reportes A3 • Estacionamiento • Diagramas de flujo y tabla de entradas y salidas • Lista de tareas • Checklist • Solicitud de información (RFI) • Constructabilidad en el diseño • Intranets • Uso de modelación 3D y 4D • Elección por ventajas(CBA) | <ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas • Grupos focales • Talleres facilitados • Técnicas grupales de creatividad • Técnicas grupales de toma de decisiones • Cuestionarios y encuestas • Prototipos • Diagramas de contexto • Análisis de documentos • Juicios de expertos • Análisis del producto • Generación de alternativas • Análisis de requisitos de comunicación • Tecnologías de comunicación • Modelos y métodos de comunicación • Reuniones • Sistemas de gestión de la información • Informar el desempeño • Análisis de interesados • Reuniones de análisis de perfiles • Técnicas analíticas • Habilidades interpersonales • Habilidades de gestión | <ul style="list-style-type: none"> • Modelos 3D del producto • Modelos BIM+: 4D y 5D • Mapeo de procesos • Sesiones ICE • Métricas |

Figura 4.3.- Herramientas y técnicas propuestas por cada sistema de gestión relacionados a los aspectos en estudio.

Como se puede observar, el PMI es el sistema que propone la mayor cantidad de técnicas y herramientas de todo el inventario. Sin embargo, la mayoría de ellas están enfocadas a la planificación, gestión y control de los participantes de un proyecto, los flujos de información y de comunicación. Como herramientas enfocadas a la gestión visual, el PMI solo propone el uso de prototipos. Cabe resaltar que las técnicas y herramientas identificadas pertenecen a los procesos de gestión del alcance, interesados y comunicaciones.

Por otro lado, de la misma forma que el PMI, la mayoría de técnicas y herramientas que propone el LPDS están relacionadas a la gestión de comunicaciones y a la resolución de problemas de manera eficiente. Como herramientas enfocadas a la gestión visual, solo propone el uso de modelación 3D y 4D.

Finalmente, las técnicas y herramientas propuestas por el sistema BIM/VDC están enfocadas a optimizar la comunicación y colaboración durante la etapa de diseño, es por ello que podrán ser útiles en los procesos relacionados a la gestión visual y de comunicaciones.

4.4 Relación e integración de técnicas y herramientas por proceso

En primer lugar, para cada proceso integrado propuesto se elaborará una tabla en la que se colocarán las herramientas y técnicas que pueden ser utilizadas o implementadas. Asimismo, se adicionará una columna en la cual se presentará la propuesta integrada, luego de analizar la sinergia entre ellas. Finalmente, se identificarán los documentos de etapas o procesos anteriores que serán necesarios para lograr la correcta implementación de la propuesta. Dichos documentos serán considerados como las entradas o inputs de cada proceso integrado (Ver figura 4.4).

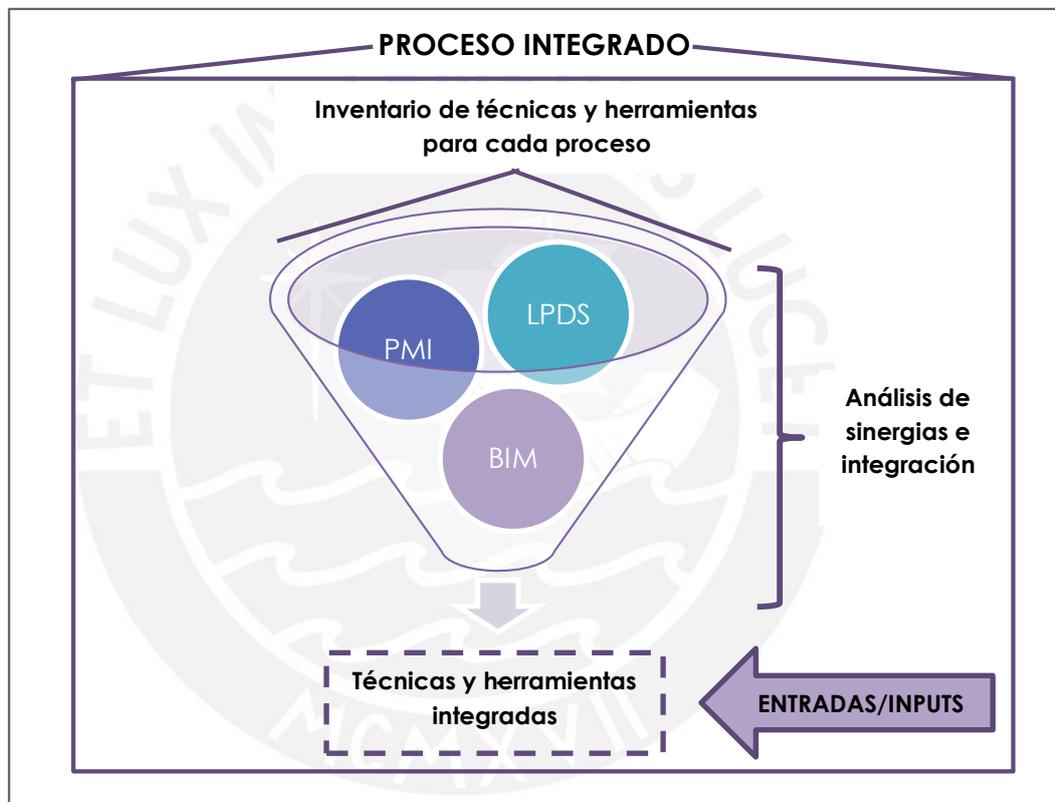


Figura 4.4.- Esquema de integración de herramientas y técnicas.

Por otro lado, con el objetivo de poder visualizar e interpretar las relaciones entre los procesos, herramientas y técnicas integradas propuestas para la etapa de diseño de un proyecto, se ha elaborado la figura 4.5.

En dicha figura se representan de manera individual los procesos propuestos con sus respectivas entradas, herramientas y técnicas. Además, se representa de manera integrada cómo se relacionan entre sí las distintas partes de la propuesta y cuáles son las salidas que se obtendrán al final de la etapa de diseño. Entre las principales relaciones que se podrán identificar se mencionan las siguientes:

- Las salidas de algunos procesos son consideradas entradas para los procesos aguas abajo.
- Algunos procesos son considerados como soporte de otros procesos que se desarrollan a lo largo de las diferentes fases de la etapa de diseño.
- Las necesidades y valores del cliente y los criterios de diseño, definidos durante la etapa de definición del proyecto, son considerados como una de las principales entradas para la etapa de diseño.

Los documentos de etapas o procesos anteriores considerados dentro de la figura se representarán mediante pictogramas tal como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 4.4- *Tabla de pictogramas utilizados en la propuesta integrada.*

| PICTOGRAMA | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
|  | Acta de constitución del proyecto |
|  | Sistema de entrega de proyectos definido |
|  | Equipo con experiencia en proyectos de edificaciones |
|  | Estructura de desglose del trabajo del proyecto |
|  | Alcance o nivel de detalle del modelo BIM |
|  | Activos de los procesos de la organización |
|  | Proyectistas capacitados en el uso de tecnologías BIM |
|  | Herramientas y técnicas propuestas |
|  | Entradas |
|  | Salidas |

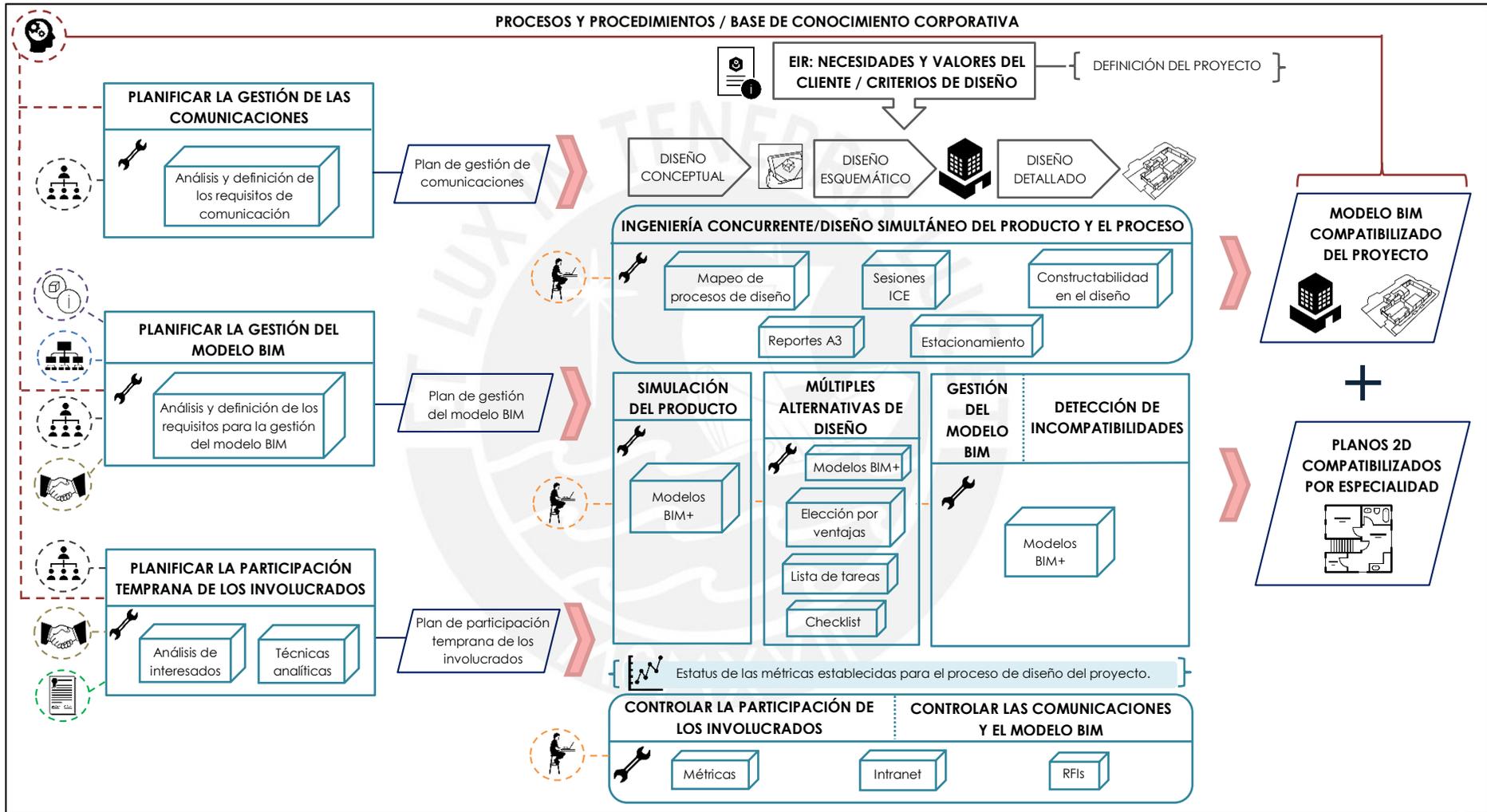


Figura 4.5.- Propuesta integrada para la etapa de diseño.

4.4.1 Planificar la participación temprana de todos los involucrados

Como se muestra en la tabla 4.5, los sistemas de gestión LPDS y BIM/VDC no proponen ninguna técnica o herramienta específica para este proceso. En cambio, el PMI propone cuatro técnicas enfocadas a la identificación y planificación de involucrados, de las cuales se seleccionó el análisis de interesados y las técnicas analíticas.

➤ Entradas

Como entradas necesarias en este proceso se proponen las siguientes: el acta de constitución del proyecto, el sistema de entrega del proyecto definido por el cliente, un equipo con experiencia en proyectos de edificaciones y los activos de los procesos de la organización.

➤ Procedimiento propuesto

Se propone realizar, mediante el análisis de interesados, la identificación de los involucrados que participarán durante la etapa de diseño y los involucrados de etapas tardías que también deberían ser incluidos para lograr el éxito de esta etapa. Luego de identificarlos, se procederá a recopilar y definir información relevante para los procesos posteriores propuestos, como:

- Disponibilidad de tiempo con la que cuenta cada involucrado (Ejemplo: # de proyectos en el que está participando).
- Ubicación geográfica de sus centros de trabajo.
- Medios de comunicación que utilizan en su organización.
- Métricas para controlar la gestión de involucrados y su frecuencia de monitoreo.

Por otro lado, para complementar el análisis de interesados, se propone realizar, mediante técnicas analíticas, la comparación del nivel de participación actual de cada interesado con el nivel de participación requerido para concluir la etapa de diseño con éxito (definido en la técnica de análisis de interesados). Esta se documentará en la matriz de evaluación de participación de los interesados, propuesta por el PMI.

Finalmente, la lista de todos los involucrados identificados, la información recopilada y definida por el equipo del proyecto y la matriz de evaluación de participación de los interesados serán documentadas en el “*Plan de participación temprana de involucrados*”¹.

➤ **Consideraciones**

No se consideró necesario incluir el juicio de expertos debido a que una entrada de este proceso era un equipo de proyecto con la experiencia necesaria para realizar una eficiente implementación de las técnicas y herramientas propuestas. Asimismo, tampoco se consideró necesario implementar las reuniones de análisis de perfiles, debido a que dicha actividad podría ser incluida dentro de las reuniones de análisis de interesados.

Tabla 4.5.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de planificar la participación temprana de los involucrados.

| TÉCNICAS/HERRAMIENTAS | | | |
|-----------------------|---|---------|--|
| LPDS | PMI | BIM/VDC | PROPUESTA DE INTEGRACIÓN |
| - | - Análisis de interesados. - Juicio de expertos. - Reuniones de análisis de perfiles. - Técnicas analíticas. | - | - Análisis de interesados. - Técnicas analíticas. |

4.4.2 Planificar la gestión de las comunicaciones

Como se muestra en la tabla 4.6, los sistemas de gestión LPDS y BIM/VDC no proponen ninguna técnica o herramienta específica para este proceso. En cambio, el PMI propone cinco técnicas enfocadas a la planificación de comunicaciones, de las cuales se seleccionó el análisis y definición de los requisitos de comunicación.

➤ **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se proponen las siguientes: el plan de participación temprana de involucrados, un equipo con experiencia en proyectos de edificaciones y activos de los procesos de la organización.

¹Nombre propuesto por la autora para el documento/formato que deberá contener la información que el equipo del proyecto considere relevante para lograr una eficiente gestión de los involucrados del proyecto.

➤ Procedimiento propuesto

Se propone realizar un análisis de los requisitos necesarios para asegurar el flujo eficiente de las comunicaciones durante la etapa de diseño. Dichos requisitos pueden ser entregables o información de procesos aguas arriba, la participación de involucrados específicos y protocolos de algunas actividades. Luego de identificar los requisitos de comunicación necesarios durante la etapa de diseño, el equipo de proyecto deberá recopilar y definir información necesaria para la gestión posterior de las comunicaciones, como:

- Medios de comunicación a utilizar y método de trazabilidad.
- Métricas de comunicación y su frecuencia de monitoreo.
- Protocolos de comunicación.

Los requisitos de comunicación y la información recopilada y definida por el equipo del proyecto serán documentados en el “*Plan de gestión de comunicaciones*”².

➤ Consideraciones

Se consideró que las técnicas de selección de tecnologías de la comunicación, sistemas de gestión de la información, modelos y métodos de comunicación podrían considerarse como parte del análisis y definición de los requerimientos de comunicación.

Asimismo, no se consideró necesario incluir el juicio de expertos debido a que una entrada de este proceso era un equipo de proyecto con la experiencia necesaria para realizar una eficiente implementación de las técnicas y herramientas propuestas.

²Nombre propuesto por la autora para el documento/formato que deberá contener la información que el equipo del proyecto considere relevante para una eficiente gestión de las comunicaciones.

Tabla 4.6.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de planificar la gestión de las comunicaciones del proyecto.

| TÉCNICAS/HERRAMIENTAS | | | |
|-----------------------|---|---------|---|
| LPDS | PMI | BIM/VDC | PROPUESTA DE INTEGRACIÓN |
| - | - Análisis de requisitos de comunicación. - Selección de tecnologías de la comunicación y sistemas de gestión de la información. - Selección de modelos y métodos de comunicación. - Juicio de expertos. - Reuniones. | - | -Análisis y definición de los requisitos de comunicación. |

4.4.3 Planificar la gestión del modelo BIM del proyecto

Del inventario mostrado en la tabla 4.7, se ha seleccionado para la propuesta el análisis y definición de los requisitos para la gestión del modelo BIM.

➤ Entradas

Como entradas necesarias en este proceso se proponen las siguientes: el alcance o nivel de detalle del modelo BIM, EDT del proyecto, el plan de participación temprana de involucrados, el plan de gestión de comunicaciones, un equipo con experiencia en proyectos de edificaciones y activos de los procesos de la organización.

➤ Procedimiento propuesto

De manera similar al proceso de planificar la gestión de las comunicaciones, se propone realizar un análisis de los requisitos necesarios para asegurar la gestión eficiente del modelo BIM del proyecto. Luego de identificar los requisitos necesarios, el equipo de proyecto deberá recopilar y definir información necesaria para la gestión posterior de las comunicaciones y del modelo BIM, como:

- El nivel de desarrollo del modelo BIM de acuerdo a sus usos (análisis de alternativas de diseño, visualización, simulación, entre otros).
- Tipos de software de modelamiento y simulación a utilizar.
- Métricas del modelo BIM y su frecuencia de monitoreo.

- Tipo del modelo: *Federated Model*³ o *Integrated Model*⁴.

Los requisitos para la gestión eficiente del modelo y la información recopilada y definida por el equipo del proyecto serán documentados en el “*Plan de gestión del modelo BIM*”⁵.

➤ **Consideraciones**

La técnica de análisis y definición de los requisitos para la gestión del modelo BIM/VDC será considerada como una adaptación de la técnica propuesta por el PMI para la gestión de comunicaciones de un proyecto.

Tabla 4.7.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de planificar la gestión del modelo BIM del proyecto.

| TÉCNICAS/HERRAMIENTAS | | | |
|-----------------------|---|---------|--|
| LPDS | PMI | BIM/VDC | PROPUESTA DE INTEGRACIÓN |
| - | <ul style="list-style-type: none"> - Análisis de requisitos para la gestión del modelo BIM. - Juicio de expertos. - Reuniones. | - | -Análisis y definición de los requisitos para la gestión del modelo BIM. |

4.4.4 Realizar el diseño simultáneo del producto y el proceso mediante sesiones de ingeniería concurrente

Del inventario mostrado en la tabla 4.8, se ha seleccionado para la propuesta la técnica de sesiones ICE, mapeo de procesos de diseño, constructabilidad en el diseño, reportes A3 y estacionamiento.

³Federated Model: Cada creador o especialista conserva la responsabilidad y la propiedad de su modelo. Los modelos parciales son actualizados por sus creadores e integrados, posteriormente, para la coordinación multidisciplinaria (CURT 2010: 22).

⁴Integrated Model: Los modelos de cada especialidad están integrados en una solo modelo, el cual se mejora mientras el proyecto avanza. El modelo integrado estará bajo la responsabilidad de una sola entidad (CURT 2010: 22).

⁵Nombre propuesto por la autora para el documento/formato que deberá contener la información que el equipo del proyecto considere relevante para una eficiente gestión del modelo BIM.

➤ Entradas

Como entradas necesarias en este proceso se proponen las siguientes: el plan de participación temprana de involucrados, un equipo con experiencia en proyectos de edificaciones, plan de gestión de comunicaciones, el plan de gestión del modelo BIM, proyectistas capacitados en el uso de tecnologías BIM y activos de los procesos de la organización.

➤ Procedimiento propuesto

Durante este proceso se propone lograr, mediante sesiones de ingeniería concurrente (ICE), la colaboración efectiva de todos los participantes durante toda la etapa de diseño (diseño conceptual, esquemático y detallado) y crear el entorno adecuado para realizar el diseño simultáneo del producto y el proceso.

Para lograr llevar a cabo de manera efectiva las sesiones ICE es necesario identificar los procesos o actividades que se desarrollarán a lo largo de la etapa de diseño (mapeo de procesos). Además, es necesario contar con un espacio adecuado para lograr el flujo continuo de información y la participación interactiva de todos los involucrados. Entre las principales tecnologías de soporte se consideran: SmartBoards, internet de alta velocidad, modelos BIM y plataformas online de archivos compartidos.

Por otro lado, como herramientas complementarias para facilitar la resolución de problemas durante las sesiones ICE, se proponen utilizar reportes A3 y estacionamiento.

➤ Consideraciones

Se consideró que todas las técnicas propuestas por el PMI formaban parte de las características de los involucrados y del método de comunicación que se desarrolla en una sesión ICE. Asimismo, se consideró que la técnica propuesta por el LPDS formaba parte de la técnica propuesta por BIM (constructabilidad en el diseño/sesiones ICE).

Tabla 4.8.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de realizar el diseño simultáneo del producto y el proceso mediante sesiones de ingeniería concurrente.

| TÉCNICAS/HERRAMIENTAS | | | |
|---|--|---|--|
| LPDS | PMI | BIM/VDC | PROPUESTA DE INTEGRACIÓN |
| <ul style="list-style-type: none"> - Constructabilidad en el diseño. - Diagramas de flujo y tablas de entradas y salidas. - Reportes A3. - Estacionamiento. | <ul style="list-style-type: none"> - Métodos de comunicación interactiva. - Habilidades interpersonales. - Habilidades de gestión. - Talleres facilitados. | <ul style="list-style-type: none"> - Sesiones de ingeniería concurrente. - Mapeo de procesos. | <ul style="list-style-type: none"> - Sesiones de ingeniería concurrente. - Mapeo de procesos de diseño. - Constructabilidad en el diseño. - Reportes A3. - Estacionamiento. |

4.4.5 Determinar el alcance y los requisitos del proyecto mediante la simulación y análisis del producto

Del inventario mostrado en la tabla 4.9, se ha seleccionado para la propuesta el análisis del producto mediante modelos BIM+ (3D, 4D y 5D) del proyecto.

➤ Entradas

Como entradas necesarias en este proceso se proponen las siguientes: alcance o nivel de detalle del modelo BIM, el plan de gestión de comunicaciones, el plan de gestión del modelo BIM, EDT del proyecto, el plan de participación temprana de involucrados, un equipo con experiencia en proyectos de edificaciones, proyectistas capacitados en el uso de tecnologías BIM, y activos de los procesos de la organización.

➤ Procedimiento propuesto

Para determinar el alcance y los requisitos del proyecto se propone realizar la simulación y análisis del producto utilizando modelos BIM+ (3D, 4D y 5D). Durante todo este proceso se deberá tener en consideración las especificaciones del plan de gestión de comunicaciones y del plan de gestión del modelo BIM.

➤ Consideraciones

Cabe resaltar que los tres sistemas de gestión proponen las mismas técnicas y herramientas (uso de modelación 3D y 4D/modelos BIM+ del proyecto/ prototipos).

Tabla 4.9.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de determinar el alcance y los requisitos del proyecto mediante la simulación y análisis del producto.

| TÉCNICAS/HERRAMIENTAS | | | |
|------------------------------|---|---|--|
| LPDS | PMI | BIM/VDC | PROPUESTA DE INTEGRACIÓN |
| - Uso de modelación 3D y 4D. | - Prototipos. - Análisis del producto. | - Modelos 3D del proyecto. - Modelos BIM+: 4D y 5D | - Análisis del producto mediante modelos BIM+. |

4.4.6 Seguir una estrategia de múltiples alternativas de diseño

Del inventario mostrado en la tabla 4.10, se ha seleccionado para la propuesta la técnica de elección por ventajas, modelos BIM+ del proyecto, listas de tareas y checklist.

➤ Entradas

Como entradas necesarias en este proceso se proponen las siguientes: el plan de gestión de comunicaciones, el plan de gestión del modelo BIM, un equipo con experiencia en proyectos de edificaciones, proyectistas capacitados en el uso de tecnologías BIM, activos de los procesos de la organización y el alcance y requerimientos del cliente (considerado como salida del proceso de realizar la simulación y análisis del producto).

➤ Procedimiento propuesto

Para seguir una estrategia de múltiples alternativas se propone realizar el diseño iterativo de varias propuestas utilizando modelos 3D y teniendo en consideración las especificaciones del plan de gestión de comunicaciones y del plan de gestión del modelo BIM.

Como herramientas de apoyo para lograr la coordinación e interacción entre las diferentes especialidades y para verificar si se está cumpliendo con los requerimientos de diseño, se propone utilizar listas de tareas y checklist antes, durante y después de cada reunión de análisis de alternativas.

Finalmente, como técnica de toma de decisiones se propone la elección por ventajas (CBA).

➤ **Consideraciones**

Se encontraron técnicas y herramientas similares entre BIM y LPDS (modelos BIM+ del proyecto/uso de modelación 3D) y entre PMI y LPDS (técnicas grupales de toma de decisiones/elección por ventajas). Finalmente, no se consideró necesario incluir los talleres facilitados ya que, para que este proceso logré los resultados esperados, se debe lograr la colaboración y comunicación efectiva entre múltiples disciplinas de diseño mediante sesiones de ingeniería concurrente.

Tabla 4.10.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de seguir una estrategia de múltiples alternativas.

| TÉCNICAS/HERRAMIENTAS | | | |
|---|--|--|---|
| LPDS | PMI | BIM/VDC | PROPUESTA DE INTEGRACIÓN |
| <ul style="list-style-type: none"> - Elección por ventajas (CBA). - Lista de tareas. - Checklist. - Uso de modelación 3D. | <ul style="list-style-type: none"> - Técnicas grupales de toma de decisiones. - Generación de alternativas. - Talleres facilitados. | <ul style="list-style-type: none"> - Modelos BIM+ | <ul style="list-style-type: none"> - Modelos BIM+. - Elección por ventajas (CBA). - Lista de tareas. - Checklist. |

4.4.7 Gestión del modelo BIM

Del inventario mostrado en la tabla 4.11, se ha seleccionado para la propuesta el uso de modelos BIM+ (3D y 4D) del proyecto.

➤ **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se proponen las siguientes: el plan de gestión de comunicaciones, el plan de gestión del modelo BIM, un equipo con experiencia en proyectos de edificaciones, proyectistas capacitados en el uso de tecnologías BIM y activos de los procesos de la organización.

➤ **Procedimiento propuesto**

Durante este proceso se propone lograr, mediante la gestión del modelo BIM del proyecto, la visualización y comprensión integral del proyecto por parte de todos los involucrados, así como el mantenimiento y actualización del modelo del proyecto.

Según se haya definido durante el proceso de planificar la gestión del modelo BIM del proyecto, el modelo del proyecto podrá ser gestionado de manera separada por cada creador/proyectista involucrado, quien se encargará del modelo parcial de su

especialidad, o ser gestionado de manera integral por un solo proyectista u otro involucrado con la experiencia necesaria para asumir esta responsabilidad.

➤ **Consideraciones**

Los tres sistemas de gestión proponen las mismas técnicas y herramientas (uso de modelación 3D y 4D/modelos BIM+ del proyecto/ prototipos).

Tabla 4.11.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de gestión del modelo BIM.

| TÉCNICAS/HERRAMIENTAS | | | |
|------------------------------|---------------|----------------------------|--------------------------|
| LPDS | PMI | BIM/VDC | PROPUESTA DE INTEGRACIÓN |
| - Uso de modelación 3D y 4D. | - Prototipos. | - Modelos 3D del proyecto. | - Modelos BIM+. |

4.4.8 Realizar una temprana detección de incompatibilidades entre especialidades

Del inventario mostrado en la tabla 4.12, se ha seleccionado para la propuesta el uso de modelos BIM+ (3D y 4D) del proyecto.

➤ **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se proponen las siguientes: el plan de gestión de comunicaciones, el plan de gestión del modelo BIM, el plan de participación temprana de involucrados, un equipo con experiencia en proyectos de edificaciones, proyectistas capacitados en el uso de tecnologías BIM y activos de los procesos de la organización.

➤ **Procedimiento propuesto**

Se propone utilizar tecnologías de modelamiento 3D/4D que faciliten la revisión y detección de las incompatibilidades denominadas “hard clash” (cruce entre objetos) y “soft clash” (espacio insuficiente entre dos objetos).

Como se mencionó en el capítulo 3, entre los software más conocidos en el mercado que permiten detectar incompatibilidades de manera automática se encuentra Navisworks, Solibri Model Checker y Tekla BIMsight.

Es importante que, durante este proceso, todas las partes involucradas estén de acuerdo sobre cómo manejar los cambios en el modelo BIM y en los entregables de diseño, ya que ellos serán responsables de buscar la mejor solución para levantar las incompatibilidades detectadas, documentarlas y actualizar el modelo BIM durante la etapa de diseño del proyecto.

➤ Consideraciones

El PMI no propone ninguna técnica o herramienta para este proceso. Sin embargo, BIM/VDC proponen las mismas que el LPDS (uso de modelación 3D y 4D/modelos BIM+ del proyecto).

Tabla 4.12.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de realizar una temprana detección de incompatibilidades entre especialidades.

| TÉCNICAS/HERRAMIENTAS | | | |
|------------------------------|-----|--|--------------------------|
| LPDS | PMI | BIM/VDC | PROPUESTA DE INTEGRACIÓN |
| - Uso de modelación 3D y 4D. | - | - Modelos 3D del proyecto. - Modelos BIM+: 4D y 5D. | - Modelos BIM+. |

4.4.9 Controlar la participación de los involucrados

Del inventario mostrado en la tabla 4.13, se ha seleccionado para la propuesta el seguimiento y control de métricas y de intranets.

➤ Entradas

Como entradas necesarias en este proceso se proponen las siguientes: el plan de participación temprana de involucrados, un equipo con experiencia en proyectos de edificaciones y activos de los procesos de la organización.

➤ Procedimiento propuesto

El principal objetivo de este proceso es servir como soporte en el seguimiento y control de la gestión de involucrados durante los siguientes procesos:

- Realizar el diseño simultáneo del producto y el proceso mediante sesiones de ingeniería concurrente.
- Determinar el alcance y los requisitos del proyecto mediante la simulación y análisis del producto.
- Seguir una estrategia de múltiples alternativas.

- Gestión del modelo BIM.
- Realizar una temprana detección de incompatibilidades.

Para lograr ello, se propone analizar las métricas establecidas en el plan de participación temprana de involucrados durante las reuniones periódicas del equipo de diseño. Asimismo, se propone dar un seguimiento de la interacción entre los involucrados a través de las intranets mientras avanza el proyecto. Las plataformas que cuentan con características y funcionalidades similares a los intranets y que pueden ser implementadas para lograr el mismo control son: plataformas web, Cloud Computing, protocolos FTP.

➤ **Consideraciones**

Por un lado, se detectó que el uso de sistemas de gestión de la información y los informes de desempeño, propuestos por el PMI, cumplen la misma función que el uso de intranets y métricas, respectivamente.

Tabla 4.13.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de controlar la participación de los involucrados.

| TÉCNICAS/HERRAMIENTAS | | | |
|-----------------------|--|------------|--|
| LPDS | PMI | BIM/VDC | PROPUESTA DE INTEGRACIÓN |
| - Intranets | - Utilizar sistemas de gestión de información. - Reuniones. - Informes de desempeño. | - Métricas | - Intranets. - Seguimiento y control de métricas. |

4.4.10 Controlar las comunicaciones y el modelo BIM del proyecto

Del inventario mostrado en la tabla 4.14, se ha seleccionado para la propuesta el seguimiento y control de métricas, de RFI y de intranets.

➤ **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se proponen las siguientes: el plan de gestión de comunicaciones, el plan de gestión del modelo BIM, un equipo con experiencia en proyectos de edificaciones y activos de los procesos de la organización.

➤ **Procedimiento propuesto**

El principal objetivo de este proceso es servir como soporte en el seguimiento y control de las comunicaciones y del modelo BIM durante los siguientes procesos:

- Realizar el diseño simultáneo del producto y el proceso mediante sesiones de ingeniería concurrente.
- Determinar el alcance y los requisitos del proyecto mediante la simulación y análisis del producto.
- Seguir una estrategia de múltiples alternativas.
- Gestión del modelo BIM
- Realizar una temprana detección de incompatibilidades.

Para lograr ello, se propone analizar las métricas establecidas en el plan de gestión de comunicaciones y el plan de gestión del modelo BIM durante las reuniones periódicas del equipo de diseño. Asimismo, se propone dar un seguimiento de la base de datos de las comunicaciones y consultas realizadas a lo largo de la etapa de diseño, con ayuda de formatos de RFI e intranets (plataformas web, Cloud Computing, protocolos FTP).

➤ **Consideraciones**

No se consideró necesario incluir el juicio de expertos debido a que una entrada de este proceso era un equipo con experiencia en proyectos de edificaciones. Asimismo, se detectó que el uso de sistemas de gestión de la información y los informes de desempeño, propuestos por el PMI, cumplen la misma función que el uso de intranets y métricas, respectivamente.

Tabla 4.14.- Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de controlar las comunicaciones.

| TÉCNICAS/HERRAMIENTAS | | | |
|---|--|--|--|
| LPDS | PMI | BIM/VDC | PROPUESTA DE INTEGRACIÓN |
| <ul style="list-style-type: none"> - Intranets. - Solicitudes de información (RFI). | <ul style="list-style-type: none"> - Informes de desempeño. - Utilizar sistemas de gestión de la información. - Juicio de expertos. - Reuniones. | <ul style="list-style-type: none"> - Métricas | <ul style="list-style-type: none"> - Seguimiento y control de métricas. - Intranets. - RFI. |

4.5 Identificación de los desafíos/barreras en la implementación de las técnicas y herramientas propuestas

Finalmente, como se muestra en las tablas 4.13, 4.14 y 4.15, se han identificado los posibles desafíos y barreras que podrían impedir o dificultar la implementación de las técnicas y herramientas integradas propuestas para cada proceso.

El objetivo de realizar esta identificación es el de permitir un entendimiento completo de lo que involucra la implementación de la propuesta de integración planteada en este capítulo. Asimismo, quienes deseen realizar dicha implementación, deben tener en cuenta los cambios, en casi todos los aspectos organizacionales y de negocio, requeridos para obtener resultados positivos (Ver figura 3.5.9).

Tabla 4.15.- Desafíos/Barreras en la implementación de las técnicas y herramientas propuestas para los procesos relacionados a la gestión de los canales de comunicación.

| PROCESOS INTEGRADOS | TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS | BARRERAS/ DESAFÍOS |
|--|--|---|
| - Planificar la participación temprana de los involucrados. | - Análisis de interesados. - Técnicas analíticas. | - Resistencia al cambio por parte de los involucrados. - El sistema tradicional de entrega de proyectos (DBB), el cual genera un proceso no colaborativo a lo largo del ciclo de vida del proyecto. - Resistencia al cambio por parte de los involucrados. |
| - Realizar el diseño simultáneo del producto y el proceso mediante sesiones de ingeniería concurrente. | - Sesiones de ingeniería concurrente. - Mapeo de procesos de diseño. - Constructabilidad en el diseño. - Reportes A3. - Estacionamiento. | - El sistema tradicional de entrega de proyectos (DBB), el cual genera un proceso no colaborativo a lo largo del ciclo de vida del proyecto. - Reunir a todos los involucrados en un mismo lugar puede crear mucho ruido en forma de sobrecarga de información. - Inversión adicional: tecnologías como SmartBoards, internet de alta velocidad, modelos BIM y plataformas online de archivos compartidos. - El flujo de comunicación horizontal puede generar desorden. - Poca disponibilidad de tiempo por parte de los principales involucrados. - Resistencia al cambio por parte de los involucrados. |
| - Controlar la participación de los involucrados. | - Intranets. - Seguimiento y control de métricas. | - Resistencia al cambio por parte de los involucrados. |

Tabla 4.16.- Desafíos/Barreras en la implementación de las técnicas y herramientas propuestas para los procesos relacionados a la gestión de la información.

| PROCESOS INTEGRADOS | TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS | BARRERAS/ DESAFÍOS |
|--|--|--|
| - Planificar la gestión de las comunicaciones del proyecto. | - Análisis y definición de los requisitos de comunicación. | - Resistencia al cambio por parte de los involucrados. - Actualizaciones de hardware y redes: CPUs más potentes y con más memoria, dispositivos WAN, monitores más grandes y con mejor resolución. - Inversión adicional: licencia del software, mantenimiento, capacitación del personal. - Problemas de interoperabilidad. - Disponibilidad de operadores competentes. |
| - Planificar la gestión del modelo BIM del proyecto. | - Análisis y definición de los requisitos para la gestión del modelo BIM. | - Resistencia al cambio por parte de los involucrados. - Actualizaciones de hardware y redes: CPUs más potentes y con más memoria, dispositivos WAN, monitores más grandes y con mejor resolución. - Inversión adicional: licencia del software, mantenimiento, capacitación del personal. - Problemas de interoperabilidad. - Disponibilidad de operadores competentes. |
| - Seguir una estrategia de múltiples alternativas de diseño. | - Modelos 3D del proyecto. - Elección por ventajas (CBA). - Lista de tareas. - Checklist. | - Difícil control de la información del proyecto. - Dificultad en la toma de decisiones. - Problemas de propiedad intelectual. - Resistencia al cambio por parte de los proyectistas. - Inversión adicional. |
| - Controlar las comunicaciones y el modelo BIM del proyecto. | - Seguimiento y control de métricas. - Intranets. - Solicitudes de información (RFI). | - Inversión adicional: implementación de sistemas de información como protocolos FTP y plataformas web. |

Tabla 4.17.- Desafíos/Barreras en la implementación de las técnicas y herramientas propuestas para los procesos relacionados a la gestión visual.

| PROCESOS INTEGRADOS | TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS | BARRERAS/ DESAFÍOS |
|---|--|--|
| - Determinar los requisitos y el alcance del proyecto mediante la simulación y análisis del producto. | - Análisis del producto mediante modelos BIM+. | - Actualizaciones de hardware y redes: CPUs más potentes y con más memoria, dispositivos WAN, monitores más grandes y con mejor resolución. - Inversión adicional: licencia del software, mantenimiento, capacitación del personal. - Problemas de interoperabilidad. - Disponibilidad de operadores competentes. |
| - Gestión del modelo BIM. | - Modelos BIM+. | - Actualizaciones de hardware y redes: CPUs más potentes y con más memoria, dispositivos WAN, monitores más grandes y con mejor resolución. - Inversión adicional: licencia del software, mantenimiento, capacitación del personal. - Problemas de interoperabilidad. - Disponibilidad de operadores competentes. |
| - Realizar una temprana detección de incompatibilidades entre especialidades. | - Modelos BIM+. | - Actualizaciones de hardware y redes: CPUs más potentes y con más memoria, dispositivos WAN, monitores más grandes y con mejor resolución. - Inversión adicional: licencia del software, mantenimiento, capacitación del personal. - Problemas de interoperabilidad. - Disponibilidad de operadores competentes. |

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ✓ Se logró diseñar formatos de encuestas que permitieran recopilar información sobre cómo se viene desarrollando la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño y sobre la influencia de los errores de diseño en etapas posteriores del proyecto.
- ✓ Con relación al diagnóstico obtenido de las encuestas, las herramientas tecnológicas que se utilizan actualmente en los proyectos de edificaciones en nuestro país y las formas tradicionales de trabajo no han podido dominar las dificultades que conlleva gestionar gran cantidad de información y personas.
- ✓ Además, el nivel de implementación de BIM en nuestro país, comparado con los niveles de madurez de BIM establecidos en el Reino Unido (Ver figura 3.5.3.), se encuentra en una transición entre el nivel 0 y nivel 1.
- ✓ Asimismo, la mayoría de proyectistas encuestados no tenía conocimiento sobre la duración total de la etapa de diseño del proyecto en el que habían participado, solo sabían la duración en meses que les llevo terminar el diseño de su especialidad. Esto lleva a la conclusión de que aún se realiza el diseño fragmentado de las diferentes especialidades involucradas en un proyecto de construcción.
- ✓ Por otro lado, se logró encontrar sinergias y realizar una integración entre las técnicas y herramientas de gestión visual y de comunicaciones propuestas por el LPDS, el PMI y BIM/VDC.
- ✓ Además, se logró identificar los desafíos o barreras que podrían impedir la implementación de las técnicas y herramientas propuestas. Dichos desafíos involucran realizar cambios tecnológicos, en el nivel de esfuerzo a lo largo del ciclo de vida del proyecto y en aspectos organizacionales y de negocio.
- ✓ Para que la propuesta de técnicas y herramientas relacionadas a la gestión visual (modelamiento 3D, 4D y 5D del proyecto) pueda ser implementada y lograr los resultados esperados, el nivel de implementación de BIM en nuestro país debería

evolucionar a un nivel de transición entre el nivel 1 y nivel 2, según los niveles de madurez de BIM establecidos en el Reino Unido.

- ✓ La principal barrera o desafío para implementar la propuesta de técnicas y herramientas relacionadas a la gestión visual es la preparación de protocolos de trabajo y estándares de modelación que deben seguir los participantes del proyecto.
- ✓ Finalmente, se concluye que la propuesta de integración de herramientas y técnicas permitirá mejorar las deficiencias en la gestión visual y de comunicaciones durante la etapa de diseño, detectadas por medio del diagnóstico de la información recopilada en las encuestas.

5.2 Recomendaciones

- ✓ Para realizar la recolección de información por medio de las encuestas, se utilizaron dos medios de recolección de data: encuestas online y entrevistas personales. Fue durante las entrevistas que se logró detectar algunas deficiencias en tres preguntas de las encuestas, las cuales se recomienda replantear para lograr un diagnóstico efectivo.
- ✓ En la pregunta: “*¿Cree que las herramientas de visualización utilizadas por los especialistas le permitieron entender el proyecto, realizar modificaciones y/o hacer contribuciones al diseño de manera rápida y sencilla?*”, debido a que el 100% de los encuestados contaban con conocimiento técnico, no se pudo lograr el diagnóstico esperado sobre la efectividad de las herramientas visuales utilizadas durante la etapa de diseño (AutoCAD 2D y planos en físico), ya que no hubieron respuestas negativas. Como mejora, se propone replantear la pregunta de la siguiente manera: “*¿Cree que se pueden realizar modificaciones y/o hacer contribuciones al diseño de manera rápida y sencilla utilizando software de dibujo en 2D o planos en físico?*”.
- ✓ En la pregunta: “*En el momento que ingresó al proyecto ¿Tuvo claro el alcance, los objetivos y quiénes serían los usuarios del proyecto?*”, se detectó que los entrevistados no analizaban lo que realmente implicaba conocer el alcance total del proyecto, ya que la mayoría basaba sus propuestas de diseño en sus experiencias pasadas, utilizando los mismos criterios de diseño en diferentes

productos. Como mejora, se propone complementar dicha pregunta con la siguiente: “¿Qué sucede al momento de que los especialistas realizan su propuesta de diseño?” (CAPITULO 2-BLOQUE 3-PREGUNTA B.).

- ✓ En la pregunta: “¿Cuántas opciones de diseño propuso para su especialidad?”, se detectó que algunos proyectistas confundían el término “opciones de diseño” con “modificaciones de diseño”, ya que marcaban la opción “más de 4 opciones de diseño”. Es por ello que, en algunos casos, se les tuvo que aclarar la diferencia entre ambos términos. Como mejora, se propone replantear la pregunta de la siguiente manera: “¿Cuántas alternativas de sistemas o materiales se presentaron al cliente antes de iniciar el diseño?”.
- ✓ Por otro lado, para lograr una efectiva implementación de los procesos, técnicas y herramientas propuestas, es necesario que se realicen reuniones de coordinación con todos los miembros del equipo desde la etapa de definición o conceptualización del proyecto. Asimismo, durante las etapas mencionadas, se deben definir y elaborar los inputs necesarios para lograr los resultados esperados durante la etapa de diseño.
- ✓ Es importante resaltar que la decisión de involucrar a participantes de etapas tardías, como el contratista de obra y los proveedores, durante la etapa de diseño dependerá del cliente y del sistema de entrega de proyectos que desea para su proyecto. No obstante, si el cliente opta por desarrollar un proyecto Diseño/Licitación/Construcción (DBB), se podría reemplazar la ausencia del contratista durante la etapa de diseño mediante la contratación de consultores con experiencia en construcción.
- ✓ Antes de implementar la propuesta de técnicas y herramientas, se recomienda identificar y realizar un estudio de los métodos actuales de control documentario y de comunicaciones implementados dentro de una organización. De esa manera, se podrá definir si solo es necesario una adaptación de las técnicas actuales o si la implementación implica inversión adicional en capacitaciones de personal o compra de equipos tecnológicos.
- ✓ La propuesta de integración de técnicas y herramientas realizada en esta tesis no debe quedar estática en el tiempo. Puesto que los sistemas de gestión LDPS, PMI y BIM/VDC se encuentran en constante cambio y renovación, conforme se vaya

desarrollando el sector de la construcción, irán apareciendo nuevas técnicas y herramientas propuestas por cada sistema.

- ✓ Las técnicas y herramientas propuestas deben ser adaptadas según las necesidades y objetivos de cada proyecto. Debido a que cada proyecto es diferente, no se espera que se use siempre la misma combinación de técnicas y herramientas integradas.
- ✓ Finalmente, para una investigación a futuro, se recomienda realizar un análisis cualitativo de las técnicas y herramientas propuestas, mediante grupos focales. Para las escalas de valorización se propone utilizar los siguientes aspectos: facilidad de implementación, inversión necesaria, impacto esperado.



BIBLIOGRAFÍA

1. AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA)
2007 *Integrated Project Delivery: A working definition*. California.
2. ALARCON, Luis Fernando y Mario CAMPERO
2008 *Administración de proyectos civiles*. Chile: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
3. ALCÁNTARA, Paul
2013 *Metodología para minimizar las deficiencias del diseño de un proyecto basada en la construcción virtual utilizando tecnología BIM*. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil.
4. ALLEN, Johnathon
2014 “*Lean models for information exchange deliver a more effective ‘Big Room’*”. *Tradeline*. California. Consulta: 10 de mayo de 2015.
<<http://www.tradelineinc.com/reports/2014-2/lean-models-information-exchange-and-collaboration-deliver-true-ipd>>
5. AUTODESK
2002 *Building Information Modeling*. White Paper. California: AUTODESK.
6. AUTODESK
2011 *Realizing the benefits of BIM*. California.
7. ARBULÚ, Roberto
2012 *Programa de certificación de Diseño y Construcción Virtual (VDC)* [diapositivas]. Material de enseñanza. Lima: CAPECO.
8. AZHAR, Salman, Abid NADEEM, Johnny MOK y Brian LEUNG
2008 “*Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects*”. Primera conferencia internacional de Construcción en países desarrollados (ICCIDC-I) en Karachi. Pakistán.
9. BALLARD, Glenn
2000a *White Paper #8 Lean Project Delivery System*. Lean Construction Institute.
10. BALLARD, Glenn
2000b *White Paper #9 Project Definition*. Lean Construction Institute.
11. BALLARD, Glenn y Todd ZABELLE
2000c *White Paper #10 Lean Design: Process, Tools, & Techniques*. Lean Construction Institute.

12. BELL, Judith
2005 *Cómo hacer tu primer trabajo de investigación*. Barcelona: Editorial Gedisa.
13. BESSANT, John y David FRANCIS
1999 *"Developing strategic continuous improvement capability"*. International Journal of Operations of Production Management. UK, volumen 19, número 11, pp. 1106 – 1119.
14. BOURNE, Lynda
2013 *"Controls Communicate?"*. Construction CPM Conference. New Orleans.
15. BRADY, Denise, Patricia TZORTZOPOULOS, John ROOKE y Carlos FORMOSO
2014 *"A holistic method of applying Visual Management to improve planning and control on construction sites"*. International Conference on Construction in a Changing World. Sri Lanka.
16. BRESCIANI, Sabrina, Alan BLACKWELL y Martin EPPLER
2008a *"A Collaborative Dimensions Framework: Understanding the Mediating Role of conceptual Visualizations in Collaborative Knowledge Work"*. 41st Hawaii Conference on System Sciences. Hawaii.
17. BRESCIANI, Sabrina, Alan BLACKWELL y Martin EPPLER
2008b *Choosing visualisations for collaborative work and meetings: A guide to usability dimensions. Reporte de investigación*. UK.
18. BRIOSO, Xavier
2015 *"Integrating ISO 21500 Guidance on Project Management, Lean Construction and PMBOK"*. Creative Construction Conference. Polonia.
19. CÁMARA PERUANA DE LA CONSTRUCCIÓN-CAPECO
INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y EL DESARROLLO-ICD
2014 *XIX Estudio "El mercado de edificaciones urbanas en Lima Metropolitana y el Callao"*. Lima
20. CASTILLO, Inés
2014 *Inventario de herramientas del Sistema de Entrega de Proyectos Lean (LPDS)*. Tesis de licenciatura en Ciencia e Ingeniería con mención en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

21. CASTRO, Lina
2010 *“La Gestión Visual factor clave para el control de procesos”*. Revista Dirección Industrial. Barcelona, número 2, pp. 01-06.
22. CHACHERE, John, John KUNZ y Raymond LEVITT
2009 *The role of reduced latency in Integrated, Concurrent Engineering*. CIFE Working paper #WP116. California: Stanford University.
23. DAVE, Bhargav, Lauri KOSKELA, Arto KIVNIEMI, Robert OWEN y Patricia TZORTZOPOULOS
2013 *Implementing Lean in construction: Lean Construction and BIM*. C725. Londres: CIRIA.
24. DHARMA CONSULTING
2014 *Curso Taller de Preparación para la Certificación PMP®. Sesión 10: Gestión de las Comunicaciones del Proyecto*. Material de enseñanza. Lima: Dharma Consulting, pp. 579-600.
25. EASTMAN, Chuck, Paul TEICHOLZ, Rafael SACKS Kathleen LISTON
2008 *BIM Handbook: a guide for building information modeling for owners, designers, engineers, and contractors*. Primera edición. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
26. FISCHER, Martin
2012 *Programa de certificación de Diseño y Construcción Virtual (VDC)* [diapositivas]. Material de enseñanza. Lima: CAPECO.
27. FONSECA, Socorro, Alicia CORREA, María Ignacia PINEDA y Francisco LEMUS
2011 *Comunicación oral y escrita*. Primera edición. México: Pearson Educación.
28. FORMOSO, Carlos, SANTOS y POWELL
2002 *“An Exploratory Study on the Applicability of Process Transparency in Construction Sites”*. Journal of Construction Research, volume 03, número 01, pp. 35-54.
29. FREIRE, Javier y Luis Fernando ALARCÓN
2002 *“Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology”*. Journal of Construction Engineering and Management. USA, volumen 128, número 3, pp. 248-256.

30. FUENTES, Diego
2014 *Influencia de la estandarización en el uso de modelos de información de edificios*. Tesis de licenciatura en Ciencia e Ingeniería con mención en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
31. FUNDACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID (FUAM)
2012 *La comunicación: Principios y procesos* [diapositivas]. Madrid: FUAM.
32. HERGUNSEL, Mehmet
2011 *Benefits of Building Information Modeling for construction managers and BIM based scheduling*. Tesis de maestría en Ingeniería Civil. Massachusetts: Worcester Polytechnic Institute, Facultad de Ingeniería Civil.
33. HERNANDEZ, Roberto
2010 *Metodología de la investigación*. México: Editorial Mc Graw Hill.
34. HIRANO, Hiroyuki
1995 *5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation*. Portland: Productivity Press.
35. HOVLAND, Ingie
2005 *Comunicación efectiva: Herramientas para investigadores y organizaciones de la sociedad civil*. Londres.
36. HOWELL, Gregory y Lauri KOSKELA
2000 "Reforming Project Management: The role of Lean Construction". Congreso n°08 del International Group for Lean Construction (IGLC) en Brighthon. UK.
37. HOWELL, Gregory y Lauri KOSKELA
2002 "The underlying theory of project management is obsolete". Conferencia de Investigación del PMI. Washington, pp. 293-302.
38. JUÁREZ, Eunice y Raúl Mazariegos
2003 *La importancia del diseño gráfico en la elaboración de material didáctico para niños con discapacidad auditiva en la ciudad de Puebla*. Tesis de licenciatura en Diseño Gráfico. Puebla: Universidad de las Américas, Facultad de Diseño Gráfico.
39. KHANZODE, Atul, Martin FISCHER y Dean REED
2005 "Case Study of the Implementation of the Lean Project Delivery System (LPDS) using Virtual Building Technologies on a Large Healthcare Project". Congreso n°13 del International Group for Lean Construction (IGLC) en Sidney. Australia.

40. KHANZODE, Atul, Martin FISCHER, Dean REED y Glenn BALLARD
2006 *A Guide to Applying the Principles of Virtual Design & Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process*. CIFE Working paper #WP093. California: Stanford University.
41. KUNZ, John y Martin FISCHER
2012 *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*. CIFE Working Paper #WP097. California: Stanford University.
42. LARSON, Alan
2003 *Demystifying Six-Sigma: a company-wide approach to continuous improvement*. USA: AMACON.
43. LEADER SUMMARIES
2004 *The Project Management Advisor: 18 Mayor Project Screw-Ups, and How to Cut Them Off at the Pass*. Resumen autorizado. España.
44. MASTER, Tony
2009 Publicación del 12 de noviembre a "Zona psicopedagógica". *Sociograma*. Consulta: 14 de abril de 2015.
<<http://zonapsicopedaggica.blogspot.com/2009/11/sociograma.html>>
45. MCQUAIL, Denis
1981 *Communication models for the study of mass communication*. Primera edición. New York: Longman.
46. MOSSMAN, Alan
2008 *What is Lean Project Delivery?*. The Change Business Ltd. UK.
47. MORICE, Rodrigo
2012 "Uso de mapas mentales como una estrategia de aprendizaje para la enseñanza de la matemática". Congreso Internacional de Matemática. Costa Rica.
48. MURGUÍA, Danny
2014 *Sesión n°7 del curso de gestión BIM en la construcción* [diapositivas]. Material de enseñanza. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
49. NEYRA GARCÍA, Luis
2008 *Asegurando el valor en proyectos de construcción: Un estudio de las técnicas y herramientas utilizadas en la etapa de diseño*. Tesis de licenciatura en Ciencia e Ingeniería con mención en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

50. NONAKA, Ikujiro y Noboru KONNO
1998 *"The Concept of 'Ba': Building a Foundation for Knowledge Creation"*. California Management Review. California, volumen 40, número 03, pp. 40-54.
51. ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
2013 *ISO 21500:2012. Guidance on Project Management International*. Suiza: Organization for Standardization.
52. ORIHUELA, Pablo y Jorge ORIHUELA
2005 *"Aplicaciones del Lean Design a proyectos inmobiliarios de vivienda"*. Seminario Internacional: Ventajas competitivas en la construcción. M.D.I Perú.
53. ORIHUELA, Pablo y Jorge ORIHUELA
2003 *"Constructabilidad en pequeños proyectos inmobiliarios"*. VII Congreso Iberoamericano de Construcción y Desarrollo Inmobiliario. M.D.I Perú.
54. PARRISH, Kristen e Iris TOMMELEIN
2009 *"Making design decisions using choosing by advantages"*. Congreso n°17 del International Group for Lean Construction (IGLC) en Taipei. Taiwan.
55. PETERSON, Forest, Martin FISCHER y Tomi TUTTI
2009 *Integrated Scope-Cost-Schedule Model System for Civil Works*. CIFE Working Paper #WP114. California: Stanford University.
56. PETERSON, Forest, Renate FRUCHTER y Martin FISCHER
2009 *Case Study: Scope-Cost-Time integrated model with work breakdown structure*. CIFE Working Paper #WP115. California: Stanford University.
57. PONS, Juan Felipe
2014 *Introducción a Lean Construction*. Fundación Laboral de la Construcción. Madrid.
58. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI)
2013 *A guide to the Project Management Body of Knowledge*. Quinta edición. Pennsylvania: Project Management Institute.
59. RISCHMOLLER, Leonardo, Luis Fernando ALARCÓN y Lauri KOSKELA
2006 *"Improving Value Generation in the Design Process of Industrial projects Using CAVT"*. Journal of Management in Engineering-ASCE. Consulta: 12 de Marzo de 2015.
<[116](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0742597X(2006)22%3A2(52)></p>
</div>
<div data-bbox=)

60. RODRIGUEZ, Elena, Ignacio MEGÍAS y Esteban SÁNCHEZ
2002 *Jóvenes y relaciones grupales: Dinámica relacional para los tiempos de trabajo y de ocio*. Madrid: FAD / INJUVE.
61. ROSAS, Nancy
2005 *Importancia de la comunicación efectiva en las organizaciones*. Venezuela.
62. RUIZ, Jorge Alberto
2001 *Potencialidad del uso de la intranet en una empresa*. Tesis de licenciatura en Ingeniería. México: Universidad de Sonora, División de Ingeniería.
63. RYAN, Tony
2013 Publicación del 17 de abril a "Futurebuild". *Big Benefits from BIM*. Consulta: 19 de mayo de 2015.
<<https://futurebuild.wordpress.com/2013/04/17/big-benefits-from-bim/>>
64. SABOL, Louise
2008 *Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling*. Washington: Design + Construction Strategies.
65. SACKS, Rafael, Lauri KOSKELA, Dave BHARGAV y Robert OWEN
2009a "Analysis framework for the interaction between Lean Construction and Building Information Modelling". Congreso n°17 del International Group for Lean Construction (IGLC) en Taipei. Taiwan.
66. SACKS, Rafael, Lauri KOSKELA, Dave BHARGAV y Robert OWEN
2009b "The interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction". Journal of Management in Engineering-ASCE. Consulta: 10 de Marzo de 2015.
<[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000203](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203)>
67. SACKS, Rafael
2013 "Social network development in Last Planner System implementations". Congreso n°21 del International Group for Lean Construction (IGLC) en Fortaleza. Brasil.
68. SALDIAS, Rodolfo
2010 *Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM*. Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil. Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ingeniería Civil.

69. SPATA, Sam
2010 *Seven pillars of integrated project delivery*. AIArchitect Practicing Architecture. Consulta: 10 de Mayo de 2015.
<www.aia.org/practicing/AIAB086218>
70. SUCCAR, Bilal
2009 *“Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders”*. Automation in Construction: An international research journal. Amsterdam, volume 18, pp. 357-375.
71. SUMNER, Tamara, John DOMINGUE y Sdenek ZDRAHAL
1999 *“Moving from On-the-job Training towards Organisational Learning”*. 12th Workshop on Knowledge Acquisition, Modelling and Management. Alberta.
72. TEZEL, Algan, Lauri KOSKELA y Patricia TZORTZOPOULOS
2009 *“The Functions of Visual Management”*. Simposio Internacional de investigación. Salford. pp. 201 – 219.
73. TEZEL, Algan, Lauri KOSKELA y Patricia TZORTZOPOULOS
2010 *“Visual management in Lean construction”*. 8th International Postgraduate Research Conference (IPGRC 08) - BUHU Proceedings. Czech Technical University. pp. 467 – 476.
74. THE CONSTRUCTION USERS ROUNDTABLE (CURT)
2004 *Collaboration, Integrated Information and the Project Lifecycle in Building Design, Construction and Operation*. WP-1202. Cincinnati.
75. THE CONSTRUCTION USERS ROUNDTABLE (CURT)
2010 *BIM Implementation: An Owner’s Guide to Getting Started*. UP-1203. Cincinnati.
76. TORRES, Mariela, Karim PAZ y Federico SALAZAR
2012 *“Tamaño de una muestra para una investigación de mercado”*. Boletín electrónico de la Universidad Rafael Landívar. Guatemala, número 2. Consulta: 20 de abril de 2015.
<www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_02_BAS02.pdf>
77. TSAO Cynthia y Bernita BEIKMANN
2012 *“12 Meeting facilitation techniques to improve healthcare design development”*. Congreso n°20 del International Group for Lean Construction (IGLC) en San Diego. USA.

78. VÁSQUEZ, Edgar
2012 *ISO 21500 y PMBOK ¿Qué tan diferentes? ¿Qué tan iguales?* [diapositivas]. Costa Rica: Intesys Consulting.
79. VÁSQUEZ, Juan Carlos
2006 *El “Lean Design” y su aplicación a los proyectos de edificación*. Tesis de licenciatura en Ciencia e Ingeniería con mención en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
80. WEAVER, Patrick
2007 “*Getting the ‘soft stuff’ right - Effective communication is the key to successful project outcomes*”. PMI Global Congress in North America. Atlanta.
81. WU, Song, Gerard WOOD, Kanchana GINIGE y WEE JONG Siaw
2014 “*A technical review of BIM based cost estimating in UK quantity surveying practice, standards and tools*”. Journal of Information Technology in Construction. ISSN 1874-4753. Países Bajos, volume 19, pp. 534-562.