

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LAS
HERRAMIENTAS COLABORATIVAS EXTREME COLLABORATION,
VIRTUAL BIG ROOM Y REDES SOCIALES PARA LA GESTIÓN DEL
DISEÑO DE UN PABELLÓN DE AULAS INFORMÁTICAS**

**Trabajo de investigación para la obtención del grado académico de BACHILLER
EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

AUTORES:

Castro García, Diana Isabel

Guevara Vásquez, Robin

Quispe López, Alvaro Andreé

Ricalde Límaco, Pablo Angel

Zegarra Muñante, Mariana

ASESOR:

Pablo Fernando Orihuela Astupinaro

Lima, agosto, 2020

RESUMEN

La presente investigación introduce conceptos para la mejora de la gestión en la etapa de diseño mediante la aplicación de herramientas colaborativas como *Extreme Collaboration (XC)*, *Virtual Big Room (ViBR)*, Redes Sociales y Modelos Mentales.

Se presenta el caso práctico donde se aplican las herramientas previamente mencionadas en la gestión del diseño de un proyecto de aulas informáticas, la cual es comparada con un proceso tradicional en el contexto nacional. Para el método de gestión propuesto, se plantean modelos de sesiones en cada fase de la etapa de diseño bajo el enfoque de la metodología XC. Asimismo, considerando la coyuntura actual, se emplea la herramienta ViBR como una alternativa para la gestión del diseño por medio del trabajo remoto. Adicionalmente, se emplean modelos 3D para cada especialidad que conforma el proyecto con la finalidad de fortalecer la colaboración e identificación de incompatibilidades durante la etapa de diseño.

El estudio evidencia cómo una gestión tradicional del diseño puede ser optimizada al aplicar las herramientas *Extreme Collaboration*, *Virtual Big Room* y Redes Sociales. Se evidencia aportes significativos en la etapa de diseño, planteando oportunas y anticipadas decisiones, y contribuyendo a la constructabilidad, con el propósito de optimizar los proyectos haciéndolos más eficientes.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO 1. GENERALIDADES	6
1.1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.3. ALCANCE.....	7
1.4. OBJETIVOS.....	7
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	7
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	7
CAPITULO 2. MARCO TEORICO	8
2.1. EXTREME COLLABORATION (XC).....	8
2.1.1. <i>Definición</i>	8
2.1.2. <i>Metodología de implementación</i>	8
2.1.3. <i>Herramientas complementarias</i>	8
2.2. SESIONES PHASE SCHEDULING.....	9
2.2.1. <i>Involucrados</i>	10
2.2.2. <i>Desarrollo de las reuniones</i>	10
2.3. VIRTUAL BIG ROOM.....	11
2.3.1. <i>Definición</i>	11
2.3.2. <i>Herramientas</i>	12
2.3.2.1. <i>Building Information Modelling (BIM)</i>	12
2.3.2.2. <i>Choosing By Advantages (CBA)</i>	13
2.3.2.3. <i>Matriz de dependencia (DMS)</i>	13
2.4. MODELOS MENTALES.....	14
2.4.1. <i>Definición</i>	14
2.4.2. <i>Tipos</i>	15
2.4.2.1. <i>Modelos mentales de tareas</i>	16
2.4.2.2. <i>Modelos mentales de procesos</i>	16
2.4.2.3. <i>Modelos mentales de equipos</i>	17
2.4.3. <i>Categorías de los modelos mentales</i>	17
2.5. REDES SOCIALES.....	18
2.5.1. <i>Definición</i>	18
2.5.2. <i>Diseño de la estructura de la red social</i>	19
CAPITULO 3. METODOLOGÍA	21
3.1. DEFINICIÓN DE ALCANCE DEL CASO DE ESTUDIO.....	21
3.2. DEFINICIÓN DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE LOS INVOLUCRADOS EN LA ETAPA DE DISEÑO.....	21
3.3. ANÁLISIS DE REDES SOCIALES.....	22

3.4.	ORGANIZACIÓN DE REUNIONES	22
3.5.	COORDINACIÓN DEL DISEÑO EMPLEANDO VIRTUAL BIG ROOM.....	22
3.6.	AGENDA Y PROGRAMACIÓN DE REUNIONES	23
3.7.	CONSIDERACIONES PARA EL MODELADO	24
3.8.	DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS	24
CAPITULO 4.	APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	26
4.1.	DEFINICIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	26
4.2.	MÉTODO TRADICIONAL	26
4.2.1.	<i>Etapas del proyecto</i>	27
4.2.1.1.	Etapa de definición y concepción del proyecto	27
4.2.1.2.	Etapa de cabida arquitectónica	27
4.2.1.3.	Anteproyecto.....	27
4.2.1.4.	Proyecto	27
4.2.2.	<i>Red social</i>	30
4.3.	MÉTODO PROPUESTO.....	30
4.3.1.	<i>Etapas de proyecto</i>	31
4.3.1.1.	Etapa de definición del proyecto.....	31
4.3.1.2.	Etapa de concepción del diseño	31
4.3.1.3.	Etapa de cabida arquitectónica	31
4.3.1.4.	Anteproyecto.....	32
4.3.1.5.	Proyecto	33
4.3.1.6.	Compatibilización	34
4.3.2.	<i>Programación de sesiones modelo</i>	36
4.3.2.1.	Intensidad de las Sesiones de Colaboración.....	36
4.3.2.2.	Ciclos de las Sesiones de Colaboración	37
4.3.2.3.	Entorno de Sesiones.....	38
4.3.3.	<i>Agenda de sesiones</i>	39
4.3.3.1.	Agenda en la sesión de la etapa de la cabida arquitectónica	39
4.3.3.2.	Agenda en la sesión de la etapa del proyecto	41
4.3.3.3.	Agenda en la sesión de la etapa de la compatibilización.....	43
4.3.4.	<i>Red social</i>	45
4.3.5.	<i>Coordinación del diseño</i>	46
4.3.5.1.	Reportes de interferencias	46
4.3.5.2.	Resolución de interferencias	49
CAPITULO 5.	EVALUACIÓN DE RESULTADOS	52
CAPITULO 6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
ANEXOS.....	59
REFERENCIAS.....	66

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Relación tradicional entre especialistas.	19
Figura 2: Comparación de red social tradicional y optimizada	20
Figura 3: Metodología para método propuesto	25
Figura 4: Planta típica correspondiente al primer nivel.....	26
Figura 5: Diagrama de flujo de un proyecto con el método tradicional aplicado.....	29
Figura 6: Red social para método tradicional.....	30
Figura 7: Diagrama de flujo de un proyecto con el método de trabajo propuesto.....	35
Figura 8: Fases ICP y PCP en la etapa de Diseño	37
Figura 9: Ciclo de reuniones de colaboración	38
Figura 10: Formato de encuesta para las sesiones de colaboración	45
Figura 11: Red social para método propuesto	46
Figura 12: Clasificación de interferencias por pares de especialidad.....	47
Figura 13: Clasificación de interferencias por prioridad.....	48
Figura 14: Clasificación de interferencias por tipo de error.....	49
Figura 15: Interferencia ventilación y desagüe	50
Figura 16: Interferencia sanitarias y estructuras.....	50
Figura 17: Interferencia eléctricas y arquitectura.....	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de tipos de Modelos Mentales según diferentes autores	16
Tabla 2: Agenda sesión de la etapa de cabida estructural	41
Tabla 3: Plus Delta para la sesión en la etapa de la cabida	41
Tabla 4: Agenda sesión de la etapa del proyecto	42
Tabla 5: Plus Delta para la sesión en la etapa de la cabida	43
Tabla 6: Agenda sesión de la etapa de compatibilización	44
Tabla 7: Plus Delta para la sesión en la etapa de la cabida	44
Tabla 8: Par de especialidades y número de interferencias. Fuente: Propia	47
Tabla 9: Importancia y número de interferencias. Fuente: Propia.	48
Tabla 10: Tipo de error y número de interferencias. Fuente: Propia.	49
Tabla 11: CBA para método tradicional y propuesto	55

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

En los últimos años el desarrollo tecnológico y la industrialización se ha incrementado de manera exponencial, ocasionado grandes cambios y adaptaciones dentro de las diferentes industrias. Para el caso de la industria de la construcción en específico, si bien es cierto que los procesos de transición e industrialización no se han generado con igual intensidad que en otras industrias, esta no ha sido indiferente a dichos cambios. La industria de la construcción ha ido evolucionando en función a los aspectos antes mencionados, en tal sentido que se han gestionado proyectos empleando herramientas como modelos tridimensionales, *Virtual Big Room* (ViBR), prefabricación de materiales entre otros. En el marco de aplicación de dichos desarrollos e innovaciones es que se plantea la aplicación de la metodología *Extreme Collaboration* (XC) a la industria de la construcción, la cual propone reuniones colaborativas entre los diferentes especialistas del proyecto para la toma de decisiones. Esta metodología de trabajo ya se venía realizando en la industria aeroespacial en los laboratorios de propulsión a chorro o JPL (por sus siglas en inglés) y fue desarrollada por la NASA con el objetivo de reducir el tiempo de coordinación entre especialistas y mejorar la toma de decisiones.

1.2. Justificación

En la construcción tradicional, la etapa de ejecución es frecuentemente obstaculizada por problemas de incompatibilidad entre especialidades o por falta de constructabilidad de los elementos mostrados en los planos. Ello ocasiona el incremento del precio final del proyecto debido a sobrecostos o ampliaciones de plazo. En la etapa de construcción, estos inconvenientes están ligados con el nivel de gestión que haya tenido la etapa de diseño. Durante esta etapa, el sector de construcción nacional, es usual el déficit de trabajo colaborativo entre especialistas del proyecto, es por ello que se plantean herramientas para la gestión colaborativa a distancia tales como el *Extreme Collaboration*, *Virtual Big Room* y *Social Network Analysis*, los cuales permiten incrementar el nivel involucramiento de los especialistas para con el proyecto.

1.3. Alcance

El alcance de la investigación comprende la elaboración de una propuesta para la gestión del diseño basada en la metodología de trabajo de Colaboración Extrema y *Virtual Big Room* en un pabellón de aulas informáticas. Para ello, se realizará una comparación entre la gestión tradicional del diseño frente a la metodología propuesta.

Por otro lado, cabe mencionar que a lo largo del desarrollo del diseño se realizarán sesiones bajo las metodologías previamente mencionadas. Estas son un mecanismo que consiste en la intervención temprana y proactiva de los principales interesados con el objetivo de optimizar la eficiencia del proyecto integrando la *expertise* de cada uno de ellos. Para estas, se detallará su planificación, agenda y programación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta de aplicación de las herramientas colaborativas *Extreme Collaboration* (XC), *Virtual Big Room* (ViBR) y Redes Sociales para la gestión del diseño de un pabellón de aulas informáticas

1.4.2. Objetivos específicos

- Comparar el método tradicional de gestión del diseño con un método propuesto aplicando las herramientas XC y ViBR
- Elaborar la planificación y programación de las sesiones para la gestión del diseño del proyecto bajo el enfoque de la metodología XC
- Emplear la herramienta *Virtual Big Room* como una alternativa para la gestión del diseño por medio del trabajo remoto.
- Mapear e identificar la intensidad de las relaciones entre especialistas mediante la elaboración de un esquema de Redes Sociales y Modelos Mentales.
- Gestionar las interferencias en la etapa de diseño mediante el *Navisworks*, como una herramienta para la compatibilización del método propuesto

CAPITULO 2. MARCO TEORICO

2.1. Extreme Collaboration (XC)

2.1.1. Definición

Extreme Collaboration (XC) es una metodología originalmente desarrollada por el Laboratorio de Propulsión de Jets de la NASA con el fin de acelerar el proceso de diseño de misiones espaciales, logrando una reducción de meses a días (Jara, Alarcón y Mourgues, 2009, pp 145). Esto se realizó mediante una combinación de dos factores: un equipo estable de ingenieros expertos y el uso intensivo de tecnologías de la información, principalmente *software*. Posteriormente, esta metodología ha sido aplicada a diversos campos, obteniéndose resultados óptimos en la reducción de tiempos, siendo el sector construcción uno de ellos.

2.1.2. Metodología de implementación

Para implementar el sistema XC en la gestión del diseño se establecen ciclos, no mayores a dos semanas, de sesiones de coordinación de acuerdo a la fase de desarrollo en la que se encuentre el proyecto. El equipo está compuesto por el arquitecto, diseñadores y clientes. En las sesiones, cada grupo de partes interesadas tiene una instancia para presentar y negociar sus intereses de acuerdo con el objetivo de la sesión, ellos intercambian información del proyecto centrada en documentos, que a menudo incluye modelos computacionales, horarios y diversos archivos. Una cuidadosa ingeniería y coordinación son requeridas para vincular los diferentes enfoques de diseño de manera consistente (García, Kunz, Ekstrom y Kiviniemi, 2004, pp 11).

2.1.3. Herramientas complementarias

Phase Scheduling (PS)

Se define como un mecanismo para comunicar qué tareas deben realizarse y qué recursos de la organización se asignarán para completarlas en un determinado plazo a través de un cronograma del proyecto, un documento que recopila todo el trabajo necesario para entregarlo a tiempo. (Jara, Alarcón y Mourgues, 2009, pp 7). Se detalla a profundidad en la siguiente sección.

Last Planner System (LPS)

Para mejorar el proceso del diseño es necesario, en primer lugar, controlar la variabilidad del proceso a través de LPS, para obtener un mayor nivel de confiabilidad con lo que se tiene planeado. Cabe mencionar que esta herramienta se aplica en la etapa de diseño y es diferente a la aplicada en la etapa de construcción. Una vez que la variabilidad en el proceso está controlada y se conoce mejor el proceso, se puede orientar la estructura de trabajo para maximizar el valor, minimizar el desperdicio y hacer el trabajo a través de PS. Finalmente, la ejecución del proceso y diseño del producto son elaborados por un equipo interdisciplinario con la participación activa de partes interesadas en la misma sala, minimizando las interacciones y la latencia a través de XC (Daniel, 2017, pp. 23).

2.2. Sesiones Phase Scheduling

La Programación por Fases o *Phase Scheduling* es un proceso de planificación colaborativa en la cual se define una fase del proyecto, se divide en actividades cronológicas y estas se programan desde la fecha de finalización de la última actividad de la fase de trabajo hacia atrás (Hamzeh, 2009, pp. 74). Esto último con la finalidad de eliminar el trabajo que habitualmente se realiza y que, sin embargo, no genera valor alguno.

Los beneficios de la Programación por Fases son los siguientes:

- Los involucrados tienen una mejor comprensión de los objetivos y alcances del proyecto.
- La interacción presencial de los involucrados genera comodidad.
- Cada participante conoce los trabajos con los que debe cumplir él y los demás y como depende uno del otro para poder realizarlos de manera satisfactoria.
- Las reuniones son realizadas con la finalidad de llegar a un consenso entre todos los miembros del equipo.
- Los involucrados plantean un tiempo razonable de duración de cada trabajo.

Sin embargo, el *Phase Scheduling* a veces presenta una desventaja con respecto al nivel de detalle y ocasionalmente alcanza un nivel tan alto que conduce a una imagen desordenada de la línea de flujo de las actividades generando una optimización colaborativa deficiente (Seppänen, 2010, pp. 50).

La incorporación de las sesiones *Phase Scheduling* en el *Extreme Collaboration* ha permitido lograr un alto nivel de ejecución de sus actividades; puesto que, define compromisos claros y trabajos a realizar a mediano plazo, con una secuencia de tareas integradas entre todas las especialidades (Jara, Alarcón y Mourgues, 2009, pp. 483). El hecho de que exista un registro formal del compromiso de los miembros del equipo genera que estos sientan una mayor presión para obtener los resultados requeridos en la fecha acordada; asimismo, al conocer el plan maestro del proyecto los especialistas se involucran más en el proyecto (Jara, Alarcón y Mourgues, 2009, pp. 483).

2.2.1. Involucrados

Los involucrados en el PS son los representantes de todas las organizaciones que trabajan dentro de la fase. Generalmente, las reuniones en la etapa de gestión del diseño están conformadas por los siguientes participantes:

- El líder del equipo: define los objetivos y desarrolla los temas que se tratarán en la sesión. Asimismo, busca que los otros involucrados participen y realiza un seguimiento a cada uno de ellos para verificar que estén realizando las actividades que les corresponde en el tiempo acordado.
- Miembros del equipo: definen sus tareas e identifican las “transferencias” que deben realizar a los otros miembros, de tal modo que entienden el impacto y negocian la mejor manera de lograrlas (Knapp, Charron, Howell 2007, pp. 161).

También puede incluir a los que ayudan en la coordinación de la sesión de planificación:

- Facilitador: coordina y promueve la comunicación entre los miembros del equipo.
- Recorder: es el encargado de anotar todas las decisiones tomadas durante la sesión.

2.2.2. Desarrollo de las reuniones

Generalmente, en las reuniones del *Phase Scheduling*, los miembros del equipo escriben en hojas el trabajo que van a desarrollar y deben entregar a los otros participantes; así como la información que ellos deben recibir. Luego, colocan estas hojas en una pizarra o pared, para después para después dialogar y mover las hojas de tal modo que se genere

una secuencia lógica de las actividades. A continuación, se detalla cada uno de los pasos a realizar en una reunión:

1. Definir las tareas o actividades que deben incluirse en la fase analizada.
2. Delimitar una fecha en la que se finalice la fase.
3. Crear una programación de la secuencia de actividades empezando desde la fecha de finalización de la fase hacia atrás.
4. Definir el tiempo de duración de cada actividad.
5. Reexaminar el cronograma de actividades y analizar si es posible acortar la duración de la fase.
6. Definir la fecha de inicio de la fase más temprana (Ballard y Howell, 2003, pp. 8).

Asimismo, es importante realizar una evaluación de la fase de cierre antes de empezar con la planificación de la siguiente, esto con la finalidad de considerar los problemas y errores que se generaron, de tal modo que se evite que se vuelvan a repetir (Jara, 2008, pp. 483).

2.3. Virtual Big Room

2.3.1. Definición

El *Virtual Big Room* (ViBR) consiste en una adaptación del *Big Room* como un ambiente de colaboración a distancia. En la mayoría de los casos, los especialistas involucrados en un proyecto de pequeña o mediana magnitud también están a cargo de otros proyectos por lo que es complicado involucrarlos en un ambiente colaborativo presencial (Dave, Pikas, Kerosuo, Mäki 2015, pp. 587). En este sentido, los beneficios de la aplicación de ViBR son importantes tanto para cada uno de los especialistas como para el proyecto.

Para sostener una exitosa colaboración a distancia se consideran diversos mecanismos de apoyo tales como:

- Plataformas de comunicación para la generación de nodos de trabajo.
- Sistemas de almacenamiento de datos e intercambio de información.
- Plataformas de visualización colaborativa

La aplicación conjunta de estos mecanismos incrementa el grado de involucramiento de cada uno de los especialistas del proyecto a través de un entorno colaborativo virtual.

2.3.2. Herramientas

Existe un conjunto de herramientas que dan soporte para la aplicación exitosa del ViBR. Estas herramientas se agrupan en dos grandes conjuntos: herramientas BIM y herramientas Lean. A continuación se describen algunas de las herramientas de estos dos grupos.

2.3.2.1. Building Information Modelling (BIM)

BIM se define como una metodología de trabajo integrada que supone una profunda colaboración de todos los involucrados del proyecto para el desarrollo de estrategias en la elaboración del diseño, la construcción y la administración del proyecto. En general, se puede considerar que BIM es una Tecnología de Información (TI) que permite el intercambio de información entre todos los involucrados en el proyecto a través de un modelo digital. En este sentido, para la adopción de BIM es fundamental comprender que no solo se trata de una tecnología, sino que es una combinación con procesos y políticas (Succar, 2009, pp. 357).

TECNOLOGÍAS: Comprende el empleo de software de modelamiento y visualización, que colaboren a una mejor comprensión del proyecto por parte de todos los involucrados en el mismo. Algunos softwares son Revit, Naviswork y Tekla.

PROCESOS: Comprende las actividades ligadas al flujo de información a lo largo de las etapas del proyecto (diseño, construcción y operación). El intercambio de información debe ser eficaz para que el trabajo colaborativo entre especialidades sea más eficiente.

POLÍTICAS: Comprende los estándares BIM empleados para realizar el modelado digital de los proyectos. Se recomienda que el modelado se ejecute de forma similar a como el proyecto será construido en la realidad.

2.3.2.2. Choosing By Advantages (CBA)

CBA es un sistema que permite la toma de decisiones el cual fue desarrollado originalmente por Jim Suhr (1999, pp.17). Este es un sistema que permite un análisis multicriterio para la toma de decisiones también conocidos como MCDA por sus siglas en inglés (*Multi-criteria Decision Analysis*). Los MCDA se basan en la descomposición del problema de decisión en subcomponentes, de esta manera se evalúa cada uno de ellos para posteriormente reensamblarlos y proporcionar una visión general sobre el problema y poder tomar una decisión (Seppälä, Basson y Norris, 2001, pp.47).

En particular el CBA busca que todos los involucrados en el problema hablen el mismo lenguaje en cuanto a los términos a los que se refieren, para de esta manera lograr la toma de decisión. La decisión que toman se basa fundamentalmente en la importancia de la ventaja que una opción tiene por sobre otra, mas no en los atributos o desventajas (Abraham, Lepech y Haymaker, 2013, pp. 353). A continuación, se explicará algunos términos importantes para esta metodología definidos por Suhr.

- Alternativa: son personas, planes, objetos, entre otros, los cuales serán sometidos al sistema de toma de decisiones CBA.
- Atributo: es una característica de una persona, plan u objeto de una de las alternativas.
- Ventaja: se define como una diferencia favorable hacia una alternativa de solución, en lo que respecta a la comparación de atributos.
- Factores: son elementos que contienen datos que son necesarios para tomar una decisión.
- Criterio: es una estandarización o regla que permite realizar el análisis en la comparación de alternativas para realizar una toma de decisión.

Estos términos son todos diferentes entre sí y son usados dentro del vocabulario CBA a lo largo de cuatro fases. En primer lugar, se resumen los atributos de cada una de las alternativas. Luego, se define las ventajas de una alternativa sobre otra al comparar los atributos. Posteriormente, se define la importancia de cada una de las ventajas. Finalmente, se define la mejor alternativa por la importancia total de las ventajas.

2.3.2.3. Matriz de dependencia (DMS)

La matriz de dependencia también conocida como DMS, por sus siglas en inglés *Dependency Structure Matrix* fue desarrollada por Steward en 1981 y tiene como objetivo aumentar la eficiencia de la resolución de problemas (Dave, Pikas, Kerosuo, y Mäki, 2015, pp. 589). Según la Organización DSM, las técnicas basadas en la DSM han demostrado ser muy valiosas para comprender, diseñar y optimizar las arquitecturas de sistemas complejos como los de productos, organizaciones y procesos (2019).

La matriz de dependencia es una representación de la interrelación de los objetos, tareas o equipos en el desarrollo de un proyecto. Esta representación gráfica se basa en una matriz que contiene una lista de actividades en las filas y columnas en el mismo orden en cada una de ellas. Estas actividades se encuentran secuenciadas según la planificación de las mismas. Luego, se representa la relación entre las actividades con una “X” en la casilla que corresponda a una actividad “A” con una actividad “B” en las columnas. La dependencia entre estas actividades se lee como “la actividad B da información necesaria para la ejecución de la actividad A” o “la actividad A requiere información de B para su desarrollo” (Maheswari y Varghese, 2005, pp. 224).

Por consiguiente, cuando una actividad se encuentra debajo de la diagonal significa que esta es dependiente de información que ya ha sido proporcionada. Por otro lado, cuando se encuentra por encima de la diagonal se refiere a una actividad la cual requiere de información que aún no ha sido creada. Con el objetivo de minimizar las interacciones que representen bucles de información se realiza la partición (Austin, Baldwin, Baizhan, y Waskett, 2000, pp 174). Este proceso consta de la manipulación del orden de las filas y columnas de la matriz de manera iterativa.

Así pues, la matriz de dependencia muestra la interrelación de componentes de una manera compacta y visualmente ventajosa para la resolución de problemas de manera más simple (Dave, Pikas, Kerosuo, y Mäki, 2015, pp. 589).

2.4. Modelos Mentales

2.4.1. Definición

Un enfoque para el estudio de la representación mental en la etapa de diseño de un proyecto es el concepto de modelos mentales. Dichos modelos pueden ser definidos como representaciones simplificadas del mundo que los individuos construyen y adaptan para lograr actos de ejecución rápida, así como también para obtener y procesar nueva información (Casakin y Badke-Schaub, 2015, pp. 4). También puede ser entendido como un conjunto organizado de conocimientos estructurados creados por la mente para describir, razonar, explicar y anticipar realidades concretas con el fin de alcanzar un objetivo final (Johnson-Laird, 2010, pp. 18244). Los modelos mentales incluyen conceptos, proposiciones, guiones, esquemas e imágenes mentales. Además, los referidos modelos entendidos como interpretaciones de la realidad pueden ser aproximadamente apropiados y similares a los modelos mentales de otras personas (Badke-Schaub, Neumann y Lauche, 2011, pp. 180). Una característica importante de los modelos mentales es que pueden ayudar a coordinar y adaptar acciones requeridas por el trabajo y los miembros del equipo (Casakin, Badke-Schaub, 2015, pp. 5). Asimismo, la forma en que los miembros de un equipo de trabajo perciben y entienden la realidad puede variar de acuerdo a su procedencia, entorno personal, conocimiento, habilidad, etc. Dichas características influyen su modelo mental individual (Casakin, Badke-Schaub, pp.5) y en base a esta representación simplificada, presente en cada integrante del equipo de trabajo, es que este brinda ideas e información de entrada al grupo. Dicha información e interacción entre los involucrados converge en la generación de un modelo mental de equipo. El modelo mental compartido es definido como el grado de convergencia entre los integrantes del equipo con respecto al contenido de elementos conocidos, así como también las estructura entre elementos (Mohammed, Klimoski, y Rentsch, 2000, pp. 125.). En tal sentido, el modelo mental generado en base a la interacción entre los miembros del equipo presenta una marcada influencia en la coordinación, toma de decisiones y la forma en la que el equipo de diseño afronta y resuelve los problemas.

2.4.2. Tipos

En general, los tipos de modelos mentales hacen referencia a tres principalmente: modelo mental de tarea, modelo mental de procesos y modelos mental de equipo (Edmondson y Nembhard, 2009, pp.128).

En la tabla 1 se muestra una recopilación de diferentes tipos de modelos mentales según diversos autores.

Tabla 1: Comparación de tipos de Modelos Mentales según diferentes autores

AUTORES				
	Hernan Casakin y Petra Badke-Schaub. (2014)	Petra Badke-Schaub, Andre Neumann, y Kristina Lauche. (2010)	Susan Mohammed, Richard Klimoski, Joan R. Rentsch. (2000)	Edson Filho, Gershon Tenenbaum. (2020)
TIPOS DE MODELOS MENTALES	TAREA	TAREA	TAREA	DECLARATIVO
	Representa aspectos sobre los hechos del problema en cuestión. Como el análisis, evaluación de soluciones y la toma de decisiones.	Información de contenido específico. Ej. Definición del problema, generación de ideas, evaluar soluciones, etc.	Se refiere al entendimiento de la tarea que el equipo tiene que realizar, incluyendo los objetivos, requisitos y problemáticas.	Conocer cuál.
	PROCESO	PROCESO	MIEMBRO DEL EQUIPO	TÁCTICO
	Se refiere a aspectos como reglas, estrategias y procedimientos que necesitan ser considerados con el fin de lograr los objetivos.	Acuerdos relacionado al cómo y cuándo. Se refiere al entendimiento del proceso para lograr los objetivos.	Refleja un conocimiento de las características de los miembros del equipo, incluyendo su conocimiento, habilidades, preferencias y hábitos.	Conocer el por qué.
	EQUIPO	EQUIPO	EQUIPO	TEMPORAL
	Refleja en que medida los miembros del equipo están motivados para colaborar y se sienten parte del equipo.	Asignaciones relacionadas a quién y qué. Se refiere a representaciones sobre el otro como habilidades, conocimiento, experiencia.	Se refiere al conocimiento del equipo y a las herramientas utilizadas por los mismos.	Conocer el cuándo.
		CLIMA	INTERACCIÓN	ESPACIAL
		Señales de cohesión de grupo. Describe la medida en que los miembros sienten que pertenecen a un grupo en particular	Captura lo que los miembros del equipo conocen o creen con respecto a lo que es apropiado o un proceso efectivo.	Conocer el dónde.
				PROCESAL
				Conocer el cómo.

Fuente: propia

2.4.2.1. Modelos mentales de tareas

Representa aspectos sobre los hechos del problema en discusión. Este involucra realizar representaciones del problema, la definición del problema, generación de ideas, la generación de explicaciones y aclaraciones, así como también el análisis y evaluación de soluciones y toma de decisiones (Badke-Schaub, Neumann y Lauche, 2011, pp.180).

2.4.2.2. Modelos mentales de procesos

Para obtener un diseño satisfactorio es necesaria la coordinación dentro del equipo de trabajo y ello involucra el conocimiento y manejo de los procesos. Es así que el modelo

mental de procesos está referido a las reglas, estrategias y procedimientos necesarios para alcanzar los objetivos (Edmondson y Nembhard, 2009, pp.128).

2.4.2.3. Modelos mentales de equipos

Este tipo de modelos mentales representa la forma en que los integrantes de un equipo trabajan colaborativamente como grupo. Estos son indicadores del grado en que los miembros de equipo se sienten tanto motivados para colaborar como parte del equipo (Badke-Schaub, Neumann y Lauche, 2011, pp. 182). Además, relacionado a este tipo se encuentra el modelo mental de cohesión de equipo, el cual representa el sentimiento positivo del equipo alcanzado por este a través de un trabajo de diseño. Las actividades que contempla el modelo son: valoración o rechazo de alguna propuesta de los miembros, confirmación con respecto a la validación y continuidad de trabajo del equipo, y ayuda entendida como el soporte que se puede realizar entre los miembros del equipo de diseño.

2.4.3. Categorías de los modelos mentales

Casakin y P. Badke-Schaub (2015, pp 8.) plantean un sistema de categorización para las actividades verbales en equipos de ingeniería y arquitectura. Dicha clasificación presenta temas relacionados a cada modelo mental y se muestra a continuación:

Tabla 1: Categorías de los modelos mentales

Modelo Mental de Tarea	
Definición del Problema	Definiciones que son mencionadas con el propósito de definir el problema
Nueva idea de solución o nuevo aspecto de solución	Enunciando una idea o nueva solución para un problema o sub problema, o un nuevo aspecto para una anterior idea de solución
Análisis de la solución	Análisis de características y potencial aplicación de una idea de solución
Evaluación de la solución	Evaluación de una idea de solución determinando su valor y fiabilidad
Explicación	Aclaración de aspectos y preguntas relacionadas a los problemas de diseño
Decisión de la solución	Una final y definitiva decisión
Modelo Mental de Proceso	
Planeamiento	Aspectos relacionados a cuándo proceder, qué hacer y quién lo hace

Procedimiento	Cómo proceder para abordar la tarea, estrategias, cuál método puede aplicarse
Reflexión	Que ha realizado el equipo y que variables han mostrado influencia

Modelo Mental de Equipo

Apreciación	Aprobación de los miembros del equipo apoyando una idea , una explicación o una definición de problema
Confirmación	Declaraciones positivas que confirman las declaraciones de otros miembros de equipo
Rechazo	Desaprobación de otros miembros del equipo sobre una idea, una explicación o una definición de problema.
Ayuda	Ayuda o asistencia brindada a otros miembros del equipo

Adaptado de: Casakin, H., & Badke-Schaub, P. (2015). Mental Models and Creativity in Engineering and Architectural Design Teams. *Design Computing and Cognition*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/268973_Mental_Models_and_Creativity_in_Engineering_and_Architectural_Design_Teams

2.5. REDES SOCIALES

2.5.1. Definición

Se definen como un mecanismo que evalúa las relaciones entre especialistas, nivel de intercambio de información y atributos de los involucrados en el proyecto. Además, el estudio de las redes sociales permite:

- Rastrear vías de difusión de errores.
- Plantear diversas estructuras de red y analizar el nivel de propagación de los errores en cada una de estas. De esta manera se selecciona la red de interacción más conveniente para el equipo de trabajo.

Asimismo, este mecanismo puede ser empelado para realizar un análisis de redes sociales o SNA (*Social Network Analysis*) el cual es definido como una ciencia y herramienta que examina las relaciones, intercambio de información, atributos físicos y otras características entre personas dentro de una red social (Hatala, Lutta, Haythornthwaite, 2009, pp.29). Dicho análisis se puede emplear para estudiar la interacción entre los especialistas de un equipo de diseño de un proyecto y de esta manera poder evaluar el grado de involucramiento e interacción que los individuos presenta. El método emplea

gráficos visuales para identificar las relaciones sociales en base a nodos de interacción y redes o enlaces.

2.5.2. Diseño de la estructura de la red social

En la industria de la construcción, la mayoría de errores ocurren durante la etapa de ejecución, lo cual genera pérdidas económicas debido a sobrecostos o ampliaciones de plazo. Estos errores son causados por un mal flujo de la información desde la etapa de diseño. En la mayoría de proyectos no existe una conexión entre el conocimiento y el flujo de información (Murguía, 2017, pp. 463). En la figura 1 se observa una red entre especialistas tradicional durante la etapa de diseño. Se observa que gran parte de la información de cada especialista es coordinada por el *Project Manager*. Sin embargo, no existe un sólido nexo entre cada especialista que permita que cada uno esté al tanto de la información proporcionada por los demás. Además, se observa que el nexo entre los diseñadores y el constructor es casi nulo, lo cual podría afectar a la constructabilidad del diseño que se propone en la primera etapa del proyecto.

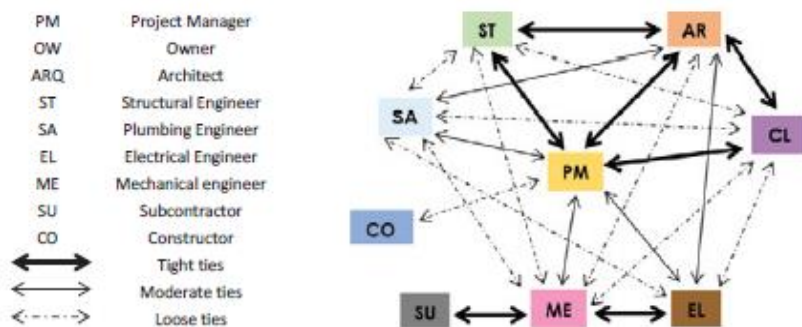


Figura N° 1:

Figura 1: Relación tradicional entre especialistas.

Recuperado de: Murguía, D. (2017). Process Integration Framework for the Design Phase of a Residential Building

Algunas herramientas para fortalecer la red social entre especialistas son las reuniones presenciales, reuniones virtuales, medios de comunicación empleados y la forma del flujo de información. Además, cada vez es más común el empleo de BIM como medio para garantizar una interacción más eficiente entre los involucrados. A medida que se acelera

el uso de esta metodología, la colaboración dentro del equipo de proyecto aumenta, lo que conducirá a una mayor rentabilidad, menores costos, mejor gestión del tiempo y mejores relaciones entre especialistas (Azhar, 2017, pp. 10). En conjunto con el empleo de estas herramientas se debe proponer una red social que garantice un óptimo flujo de la información minimizando los errores durante la etapa constructiva.

En la figura 2 se muestra la diferencia entre una red social tradicional y una que garantiza mayor interacción entre especialistas.

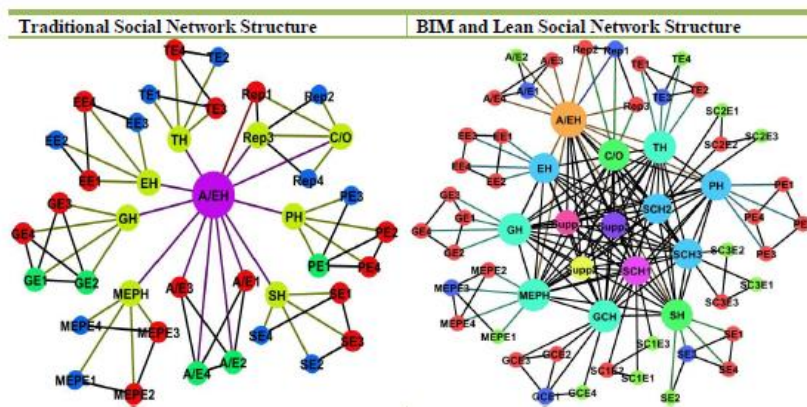
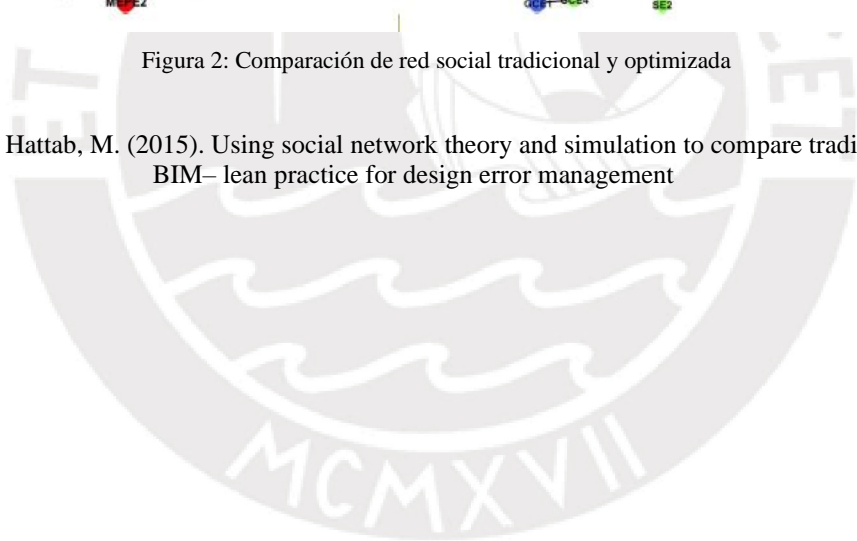


Figura 2: Comparación de red social tradicional y optimizada

Recuperado de: Hattab, M. (2015). Using social network theory and simulation to compare traditional versus BIM– lean practice for design error management



CAPITULO 3. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación desarrolló una propuesta para la gestión del diseño de un proyecto proponiendo mejoras en base a una gestión tradicional. Esta propuesta comprende la gestión de las sesiones de colaboración virtuales desarrolladas bajo la metodología XC y ViBR a lo largo de las etapas del diseño. A continuación, se detalla la estructura que servirá de base para el desarrollo de la investigación en sus diferentes fases.

3.1. Definición de alcance del caso de estudio

Para establecer una estrategia de gestión para la etapa de diseño es relevante conocer las principales características del proyecto marcadas por los requerimientos del cliente y de sitio. Algunas de estas son la ubicación geográfica, el tipo de edificación según su uso, dimensiones en planta y altura de la edificación, y otras características especiales establecidas por el cliente.

3.2. Definición de funciones y responsabilidades de los involucrados en la etapa de diseño

Durante la etapa de diseño intervienen un grupo de *stakeholders* que establecen los lineamientos de diseño para la futura ejecución del proyecto. A continuación, se describe las funciones de los principales *stakeholders*:

- Arquitecto: está en constante comunicación con el cliente. Su función es plasmar los requerimientos del cliente en planos arquitectónicos.
- Ing. Estructural: Diseña y evalúa el comportamiento de los principales elementos estructurales del proyecto.
- Ing. Sanitario: Realiza el trazo de las instalaciones de agua fría, agua caliente, desagüe y ventilación.
- Ing. Eléctrico: Realiza el trazo de las instalaciones eléctricas.
- Cliente: es quien define los requerimientos del proyecto.

3.3. Análisis de redes sociales

En la investigación se desarrollarán y contrastarán esquemas de redes sociales en el método tradicional y en el propuesto para la gestión del diseño. Esto permitirá establecer grados de involucramiento entre los especialistas.

3.4. Organización de reuniones

Las reuniones se organizaron en su totalidad mediante el uso de la herramienta *ZOOM*. Esta es una herramienta informática que comprende un espacio de desarrollo para videollamadas y reuniones virtuales. Para el uso de este *software* es necesario conectarse desde computadoras de escritorio, computadoras portátiles (laptops), teléfonos inteligentes y/o *tablets*. *ZOOM* permite funciones como compartir pantalla, obtener el control remoto de otro ordenador, chat, entre otros; las cuales facilitaron el desarrollo de las reuniones.

3.5. Coordinación del diseño empleando Virtual Big Room

Empleando la herramienta *ZOOM* se crearon grupos de trabajo para los especialistas que requieran coordinar temas en específico con alguna otra especialidad. Además, toda la información generada en la etapa de diseño se almacenó en una carpeta en la nube (a través de una cuenta en drive), la cual funcionó como un sistema de almacenamiento de datos e intercambio de información para el equipo de trabajo. Asimismo, se empleó herramientas de visualización colaborativa como Naviswork para la coordinación de modelo entre las diferentes especialidades. Además, se emplearon hojas de cálculo de Excel almacenadas en la carpeta drive compartida para realizar una adecuada asignación, control y seguimiento a los entregables a lo largo del desarrollo del proyecto.

Como parte de las herramientas del *Virtual Big Room* se empleará BIM como un medio para mejorar la visualización y coordinación del proceso de diseño del proyecto. Ello se consiguió empleando modelos virtuales de las diferentes especialidades e involucrando a los especialistas en grupos de trabajo colaborativos. Con respecto a los modelos estos fueron elaborados en base a los diseños que cada especialista realizó y se estableció flujos de trabajo y sesiones de coordinación a través de las cuales se puedan resolver las interferencias que existan entre las diferentes especialidades

Las reuniones de coordinación del diseño del proyecto se realizaron teniendo como marco de referencia el uso de herramientas tecnológicas (modelos tridimensionales) y los conceptos

relacionado a los modelos mentales y el análisis de redes sociales con el fin de mejorar los procesos de coordinación y entendimiento entre los especialistas involucrados en el proyecto. El uso de los conceptos y herramientas antes mencionadas se empelarán a lo largo del diseño del proyecto desde la etapa de concepción hasta las del diseño y compatibilización de las especialidades. La incidencia del modelo en la gestión del diseño está referido al uso de este de tal manera que permita una mejora en la visualización y coordinación entre los especialistas. Asimismo, los conceptos de modelos mentales y análisis de redes sociales están orientados a mejorar la interacción entre los especialistas planteando reuniones que reúnan en la medida de lo posible a todos los involucrados para que todos puedan ser parte de resolución de problemas y toma de decisiones. Además, se planteará reuniones de coordinación en las cuales se incentive la participación activa y bidireccional entre los especialistas de tal manera que se genere un modelo mental de equipo y redes sociales tal que permitan obtener una óptima resolución de problemas, toma de decisiones y validación y aceptación de las propuestas en un menor tiempo.

3.6. Agenda y programación de reuniones

A lo largo del desarrollo del diseño del proyecto se realizó en base a la metodología de *Extreme Collaboration*, para lo cual, se desarrolló un cronograma general. Para ello, se consideró como *deadlines* a los entregables del proyecto identificados por especialidad. Además, se planificaba a más detalles las entregas correspondientes de las próximas 3 semanas, especificando las actividades y tareas necesarias a ejecutar para cada una de ellas. Finalmente, cada semana se elaboró una programación semanal con las tareas distribuidas entre los especialistas y las reuniones de la semana necesarias para la coordinación general del proyecto y su desarrollo.

Para cada reunión, se nombró al líder del equipo, quien se encargaba de definir los objetivos de cada una de las reuniones y presentar una agenda para la reunión con los tópicos a tratar de la misma. Además, se enviaba esta información a los miembros del equipo de diseño que participarían de la sesión. Adicionalmente, se designaba al facilitador y *recorder* para anotar las decisiones tomadas. Cabe mencionar que los involucrados se designaron de acuerdo a la clasificación de *Phase Scheduling*.

El líder del equipo, como se mencionó anteriormente, es el encargado de la agenda de las sesiones, la cual se programaba según los requerimientos de los diseñadores y las decisiones necesarias a tomar según el avance del proyecto. Asimismo, estas sesiones se apoyaban en flujos de trabajos que permitan un mejor entendimiento por parte de los participantes de la etapa de diseño.

3.7. Consideraciones para el modelado

Para el modelado se consideró aspectos como hardware, software y el nivel de desarrollo a emplear. Con respecto al primero, se verificó que cada uno de los diseñadores cuente con un ordenador que presente como mínimo las siguientes características: 8Gb de memoria RAM, una tarjeta de video de 1T y un procesador del tipo Core i5. Además, para la ejecución del modelado se empleó *software* con licencia educativa como Revit 2020. Finalmente, se obtuvo modelos 3D de cada especialidad en función a los planos previamente diseñados. Estos modelos presentaron un nivel de desarrollo 300 (LOD). Las especialidades a modelar serán estructuras, arquitectura, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas.

3.8. Detección de interferencias

Para la detección de interferencias entre las especialidades se empleará el software Naviswork en el cual se insertarán los modelos de las especialidades previamente elaborados. Una vez se cuente con los modelos cargados en el programa se utilizará la función *Clash Detection* en la cual se selecciona los modelos que se desea revisar, luego se configura en función al tipo de interferencia que se quiere detectar y se ejecuta el programa. Este software permite revisar las interferencias y genera un reporte indicando los elementos que presenta interferencias, sus características y una imagen de referencia. Este procedimiento y reporte de interferencias se empleará en las reuniones de coordinación con los especialistas.

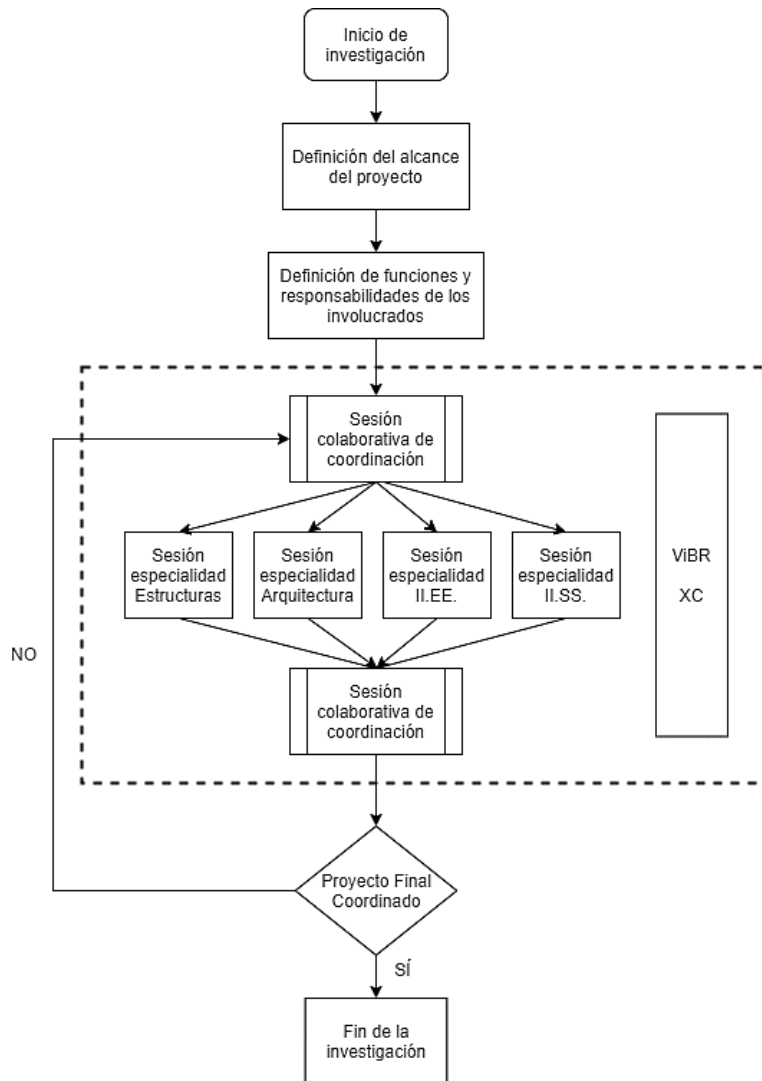


Figura 3: Metodología para método propuesto

Fuente: Propia

CAPITULO 4. APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Definición del Caso de Estudio

El proyecto consiste en la ejecución de un pabellón de aulas informática ubicado en el distrito de La Molina, provincia y departamento de Lima. Específicamente, el proyecto se emplaza en la esquina sureste de la intersección de las avenidas Raúl Ferrero y Los Fresnos. Esta edificación se compone de dos pisos totalmente techados destinados a aulas y servicios higiénicos, junto a un nivel 3 adicional correspondiente al techo de las escaleras. Además, cuenta con un área de terreno de 428 m² y un área techada total de 950 m².

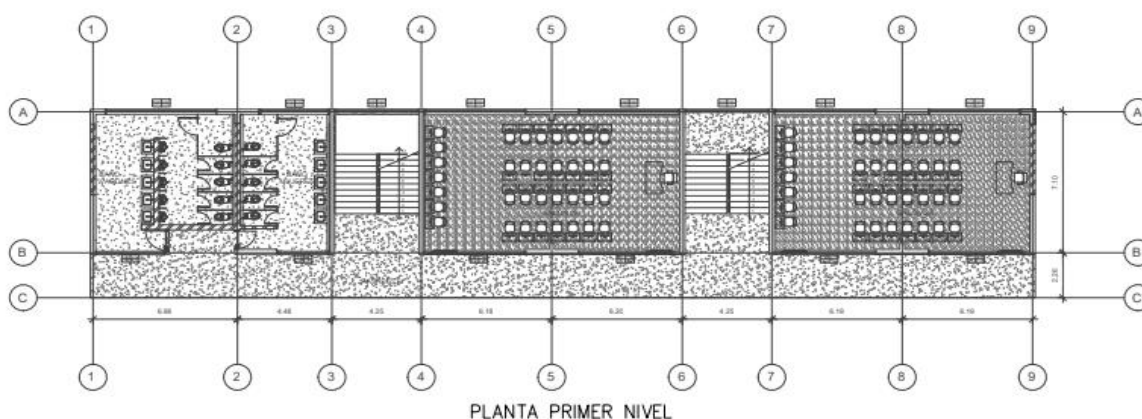


Figura 4: Planta típica correspondiente al primer nivel

Fuente: propia.

4.2. Método tradicional

La gestión del diseño siguiendo el método tradicional se realizó a través de sesiones de coordinación en las que se establecen los diferentes objetivos a alcanzar (entregables) y los responsables designados para cumplir con dicha meta.

Las actividades se dividieron en 5 grandes grupos que comprenden cada una de las especialidades involucradas en el desarrollo del proyecto:

- Especialidad de Arquitectura
- Especialidad de Estructuras
- Especialidad de Instalaciones Sanitarias
- Especialidad de Instalaciones Eléctricas

Finalmente, las actividades y programaciones para el cumplimiento de los entregables pueden ser clasificadas a través de las diferentes etapas que implica el desarrollo de todo el proyecto, lo cual se mostrará a continuación.

4.2.1. Etapas del proyecto

4.2.1.1. Etapa de definición y concepción del proyecto

En esta etapa se define los requisitos básicos del cliente los cuales el arquitecto debe coordinar para comenzar el desarrollo del programa arquitectónico. En esta etapa participan únicamente los *stakeholders* antes mencionados.

4.2.1.2. Etapa de cabida arquitectónica

En esta etapa se tiene el objetivo de definir los ambientes de la edificación en función a los lineamientos establecidos por las normas. El arquitecto se encargó de elaborar los planos en planta de los dos niveles, detallando las dimensiones de las aulas y los servicios higiénicos, así como la altura de entresijos. Asimismo, estas decisiones fueron tomadas únicamente por la especialidad de arquitectura, sin consulta de las otras áreas involucradas, con el fin de que cada especialista realice el diseño correspondiente a su área lo cual generó constantes incompatibilidades y reuniones con el arquitecto con el fin de plantear soluciones a estas problemáticas.

4.2.1.3. Anteproyecto

Esta etapa fue realizada individualmente por cada especialista, cada uno de ellos elaboró los planos correspondientes a sus áreas respetando los reglamentos de la Norma Técnica Peruana, mas no realizó una coordinación en conjunto para evitar las posibles interferencias. Al contrario, esto generó una serie de incompatibilidades de las cuales se identificaron aquellas limitadas a la visualización de planos 2D. Por lo que un representante de cada área se encargó de coordinar con el encargado del área con la que se generaba el problema, se llegaba a un mutuo acuerdo y finalmente se realizaban las modificaciones correspondientes.

4.2.1.4. Proyecto

La etapa de proyecto comprende el diseño de los diferentes elementos que conciernen a cada especialidad. Se establece la programación en tres niveles diferentes:

cronograma general del proyecto, organización de actividades semanal y designación de responsabilidades. En cada reunión de coordinación, las cuales se programan semanalmente, se identifican las actividades críticas a entregar y se realiza la distribución entre los integrantes.

En el método tradicional no se considera una etapa de compatibilización, sino que esta se incluye dentro de la etapa de diseño del proyecto. Lo que generaba procesos de iteración negativa en el cual se designa al encargado principal de solucionarla, quien a su vez presenta la solución al arquitecto. Finalmente se procede a elaborar la memoria descriptiva del proyecto.

En la Figura N°5 se muestra un esquema que resumen todas las etapas de diseño explicadas anteriormente.



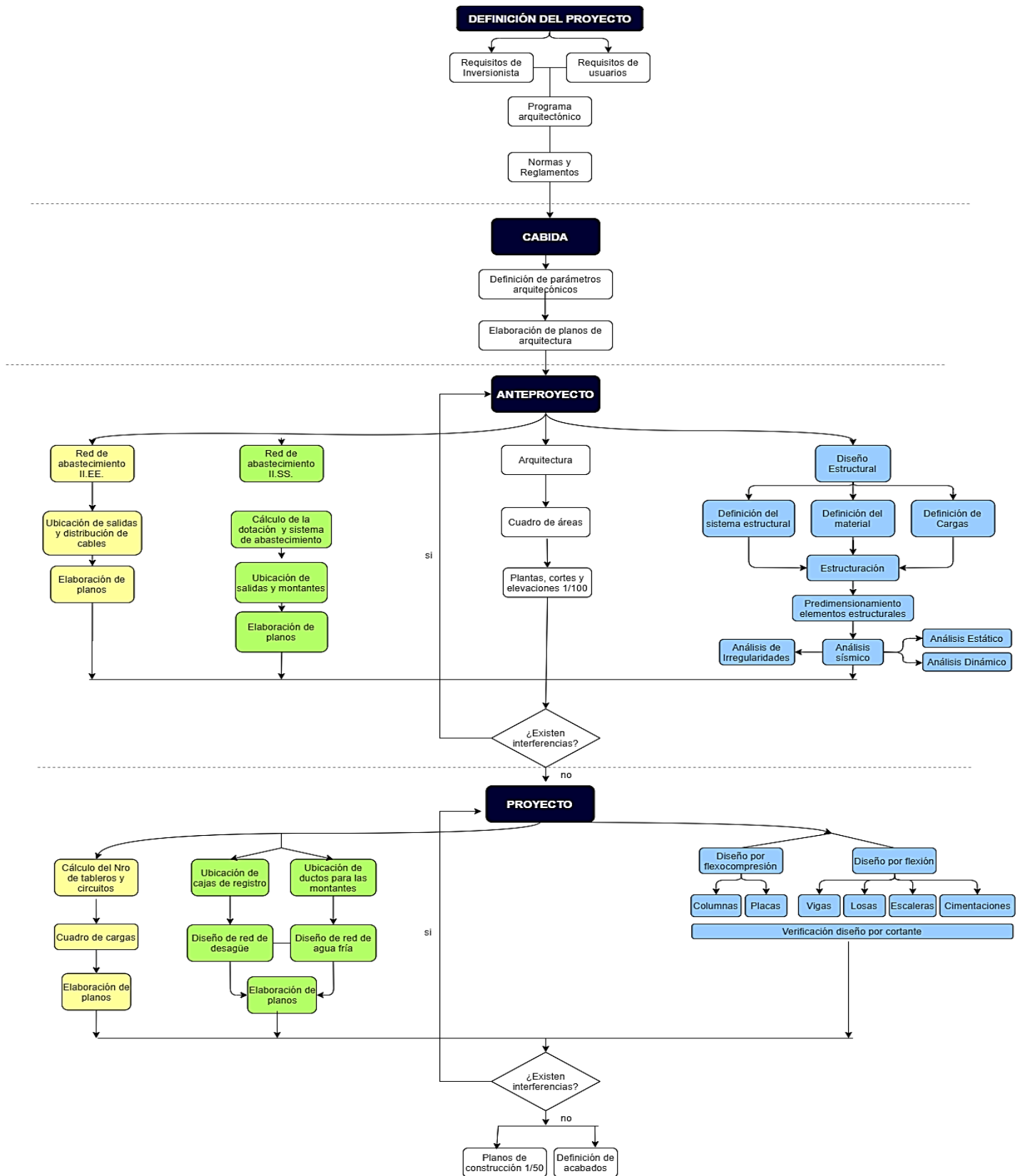


Figura 5: Diagrama de flujo de un proyecto con el método tradicional aplicado

Fuente: propia

4.2.2. Red social

Definir la red modelo de interacción entre especialistas durante la etapa de diseño es fundamental para evidenciar deficiencias de coordinación donde es más probable la propagación de los errores. Es así que empleando la secuencia de trabajo de cada especialista se definió un bosquejo de la posible red social que se aplicará en el diseño. En la Figura N°6 se presenta un esquema de las interacciones entre las partes involucradas de una gestión del diseño tradicional.

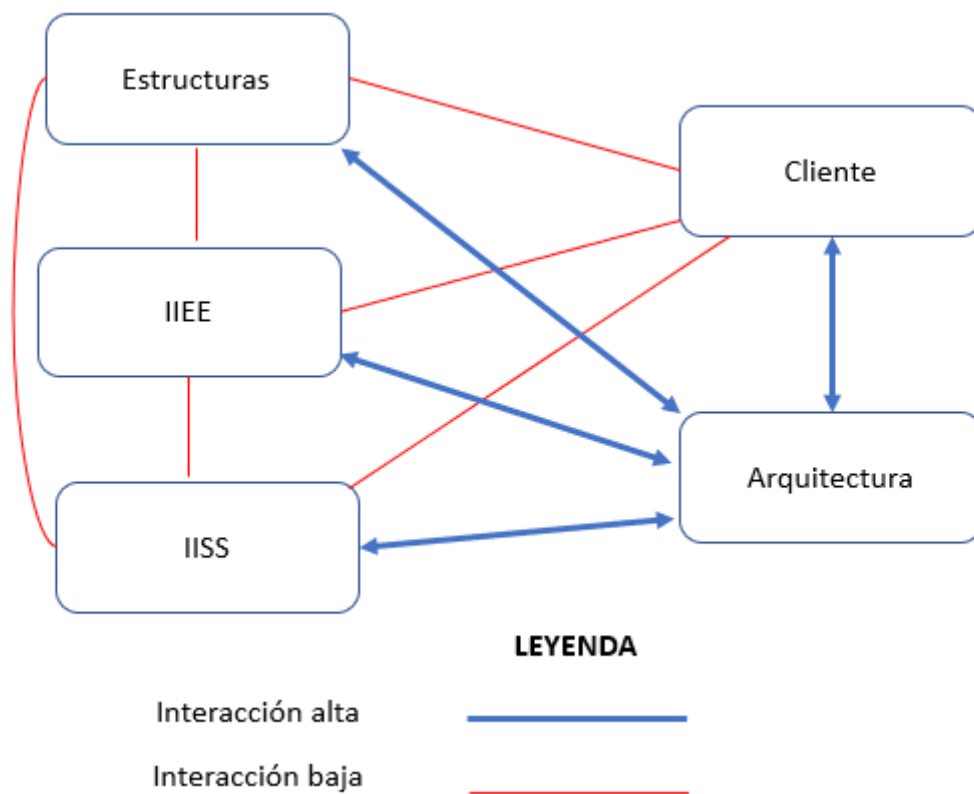


Figura 6: Red social para método tradicional

Fuente: propia.

Se observa que el ingeniero estructural, sanitario y eléctrico tienen una interacción fluida con el arquitecto. Sin embargo, la interacción directa entre los primeros descritos es baja, lo cual facilitaría la propagación de errores.

4.3. Método Propuesto

En este inciso, se presenta una propuesta de implementación de herramientas para la gestión del diseño tomando como base el caso de estudio de las aulas informáticas de un

colegio en La Molina. Transversalmente al diseño se plantea una colaboración entre las partes interesadas tomando como base la metodología del *Extreme Collaboration*. Esto con el propósito de obtener un diseño compatibilizado del proyecto que posteriormente sea construible. A continuación, se detalla el desarrollo de las componentes de la propuesta.

4.3.1. Etapas de proyecto

4.3.1.1. Etapa de definición del proyecto

Para la etapa de definición del proyecto se debe contar con los requisitos tanto del inversionista como de los usuarios de la edificación quienes son estudiantes de un colegio. Con estos requisitos previamente mencionados junto con las normas y las condiciones del sitio se desarrolla el programa arquitectónico, en el cual se define el diagrama de función y circulación. Luego, se plantean las características más importantes del proyecto como la zonificación, hipótesis de diseño y las funciones de las partes interesadas. Teniendo todo esto en consideración se pasa a la etapa de concepción del diseño.

4.3.1.2. Etapa de concepción del diseño

En esta etapa se definen las líneas de abastecimiento tanto para las instalaciones eléctricas como para las sanitarias. Para este proyecto las mencionadas instalaciones se conectarán a las redes matrices del colegio, mas no a las redes públicas.

4.3.1.3. Etapa de cabida arquitectónica

Para el estudio de la cabida arquitectónica se tuvo como objetivo definir los espacios de tal modo que se obtenga el aprovechamiento máximo del mismo. En esta etapa participan los especialistas de arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas y sanitarias. A continuación, se detallarán las funciones de cada uno:

Especialidad de Arquitectura: en primer lugar, se determina la distribución espacial más óptima de los diferentes ambientes requeridos por el cliente. Para este proyecto se escoge una distribución de dos plantas, donde cada una cuenta con dos (02) aulas informáticas y servicios higiénicos. Además, la edificación contará con dos (02) escaleras y una (01) azotea accesible para reuniones. Después de recibir la información

del ingeniero sanitario acerca del sistema de abastecimiento, el arquitecto define la ubicación de la cisterna. Finalmente, se obtiene planos y elevaciones preliminares del pabellón de aulas informáticas con escala 1/200.

Especialidad de Instalaciones Sanitarias: se calcula la dotación de la edificación, considerando como dato de entrada la cantidad de computadoras y aparatos sanitarios especificado en los planos arquitectónicos. Con ello, se define el sistema de abastecimiento y almacenamiento para la red de agua fría y desagüe. Para este proyecto se opta por una alimentación indirecta inferior lo cual implica la inclusión de una cisterna y su predimensionamiento.

Especialidad de Instalaciones Eléctricas: este especialista define la potencia del equipo de bombeo necesario para el sistema de alimentación, lo cual incluye la bomba y el tanque hidroneumático. Este proyecto no contempla el uso de ascensores.

Especialidad de Estructuras: en primera instancia, se realiza el diseño lo cual implica la definición del sistema estructural que para este proyecto se trata de muros estructurales. Además, se eligen los materiales de construcción de los elementos de concreto armado, para este proyecto se eligió un $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ y se definen las cargas en la edificación a partir de la Norma E.020. Asimismo, se realiza la estructuración y predimensionamiento de vigas, placas, columnas y losas; para luego ejecutar el análisis sísmico (estático y dinámico), el cual se realiza en ETABS. Con este análisis se debe comprobar que esta estructura no presente irregularidades; puesto que, se trata de una estructura esencial.

Como resultado de resultado de esta interacción entre especialidades se continua con la etapa del Anteproyecto.

4.3.1.4. Anteproyecto

En esta etapa se plantearon las líneas fundamentales de cada especialidad, las cuales pretenden desarrollar a mayor detalle posteriormente el proyecto. La finalidad de esta etapa fue organizar los diseños de cada especialidad y alinear los objetivos. En este sentido, debido a que es una versión previa, es flexible y puede ser modificada en caso de ser necesario. En esta etapa participan los especialistas de arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas y sanitarias. A continuación, se detallarán las funciones de cada uno:

Especialidad de Arquitectura: se desarrollan las plantas a mayor nivel de detalle con lo que se realiza el modelo en 3D, que para este proyecto se empleó la herramienta de REVIT. Cabe mencionar que el nivel de desarrollo (LOD) a usar es de 300. Además, se calcula el cuadro de área del pabellón de aulas informáticas.

Especialidad de Instalaciones Sanitarias: en conjunto con el especialista de arquitectura se define la ubicación de los ductos para las montantes de agua y desagüe. Además, se establece la ubicación de las cajas de registro en el primer nivel, las cuales conectarán a la red matriz de la institución educativa.

Especialidad de Instalaciones Eléctricas: este especialista define el número de salidas de alumbrado, tomacorriente y comunicación, considerando como base del diseño los planos arquitectónicos. A partir de ello, se determinan el número de tableros y circuitos del sistema.

Especialidad de Estructuras: este especialista realiza el modelo en 3D (LOD 300), y este junto con el de arquitectura, servirá como base para el modelo de las instalaciones eléctricas y sanitarias.

Como resultado de resultado de esta interacción entre especialidades se continua con la etapa del Proyecto.

4.3.1.5. Proyecto

En esta etapa se culminó el diseño total de todas las partes interesadas del proyecto; como consecuencia, se obtiene el expediente técnico. A continuación, se detallarán las funciones de cada uno:

Especialidad de Arquitectura: se especifican los acabados del proyecto lo cual se detalla en un cuadro de acabados y el modelo en 3D. Además, se obtienen los planos para construcción tanto de las plantas, cortes y elevaciones de la edificación. Este diseño contempla también la generación de una memoria descriptiva.

Especialidad de Instalaciones Sanitarias: este especialista realiza el diseño de la red de agua potable lo cual incluye el cálculo de diámetros, pendientes y pérdidas de carga por cada tramo asegurando la presión mínima especificada por la norma. Asimismo, se realizará el diseño de la red de desagüe y ventilación del proyecto. Por último, se genera el modelo de REVIT (LOD 300), así como la memoria de cálculos y descriptiva de las instalaciones sanitarias.

Especialidad de Instalaciones Eléctricas: se define el cuadro de cargas (alumbrado, tomacorriente, comunicación, data y electrobomba) en base a las especificaciones del sistema de abastecimiento del ingeniero sanitario y el cuadro de áreas definido por el arquitecto. Luego, se diseña el calibre de conductores (diámetro de cables), el cortacircuitos, los interruptores diferenciales, el diámetro de entubado y el cable a tierra. Después, se verifica que la caída tensión no exceda el máximo permitido por norma. Finalmente, el ingeniero eléctrico realiza el modelo en REVIT con un nivel de desarrollo (LOD) de 300; así como la memoria de cálculos y descriptiva de las instalaciones eléctricas.

Especialidad de Estructuras: este especialista realiza el diseño por flexo compresión de columnas y placas. También se realiza el diseño por flexión de vigas, escaleras, cimentaciones (zapatas aisladas), losas aligeradas y macizas. Para todos los casos es necesario realizar una verificación del diseño por cortante. Cada uno de los diseños comprende el cálculo de las cuantías de acero de cada uno de los elementos estructurales mencionados previamente. Finalmente, se elabora la memoria de cálculos y descriptiva de la especialidad en mención.

Posterior a esta etapa, se procede con la compatibilización de especialidades.

4.3.1.6. Compatibilización

Para esta etapa de cuenta como *input* el modelo en 3D de cada uno de los especialistas del diseño. Para realizar la compatibilización se usará el *software* NavisWorks identificando las interferencias entre especialidades. Finalmente, se realizará la corrección de las mismas para obtener un modelo 3D federado.

En la Figura N°6 se muestra un esquema que resumen todas las etapas de diseño explicadas anteriormente.

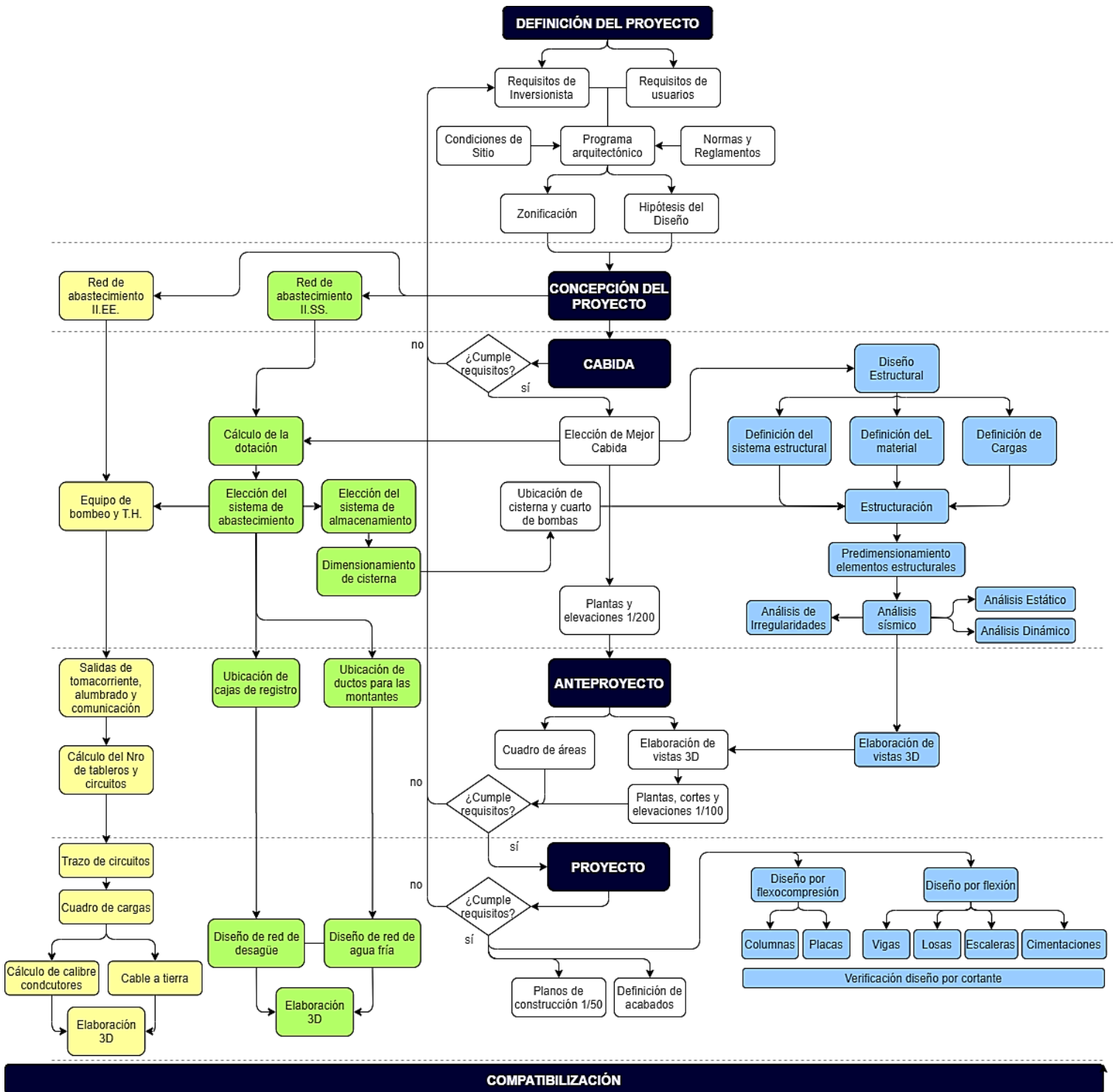


Figura 7: Diagrama de flujo de un proyecto con el método de trabajo propuesto.

Adaptado de: Orihuela, Orihuela & Pacheco (2015, pp. 6). Protocolo de diseño de proyectos de edificación para promover la aplicación TVD. Recuperado de <http://www.motiva.com.pe/articulos/2CCC2015.pdf>

4.3.2. Programación de sesiones modelo

Las sesiones de coordinación tienen el objetivo principal de resolver problemas, tomar decisiones transversales al proyecto y la co-locación de las partes interesadas en este caso a través del ViBR. Además, lo acordado en estas sesiones debe continuar su flujo de trabajo en sesiones intradisciplinarias con los mismos objetivos, pero enfocados en su área en particular. Basando una clasificación según la versión 1.0 de la Guía de VDC de Singapur (Centre for Construction IT VDC Workgroup, 2017, pp.51), la coordinación de las diferentes actividades se puede agrupar en las siguientes categorías:

a. Controles de Calidad Intradisciplinarios

Estas sesiones comprenden reuniones internas de los diferentes grupos especialistas como lo son los estructurales, eléctricos, sanitarios y arquitectos, respectivamente. En ellas, se toman decisiones principalmente técnicas que no comprometan lo acordado en las sesiones interdisciplinarias.

b. Comprobación de Coordinación Interdisciplinaria

En estas sesiones de colaboración los especialistas se reúnen a través de una sala ViBR en la cual se discute problemas de cada especialidad que interfiera el desarrollo de otras. Asimismo, se realiza una actualización de cada especialidad en el diseño del proyecto y se establecen metas.

4.3.2.1. Intensidad de las Sesiones de Colaboración

A lo largo de la gestión del diseño del proyecto, se desarrollaron sesiones colaborativas basadas en la metodología XC y ViBR; no obstante, es importante mencionar que la frecuencia de estas reuniones no es constante a lo largo del diseño del proyecto. Como consecuencia, en las etapas tempranas del proyecto, la frecuencia de estas reuniones es mayor en comparación a cuando se acerca la entrega del proyecto para la construcción. Esto debido a que la mayor resolución de problemas se desarrolla en etapas tempranas del diseño. Para ello, se divide en dos periodos de colaboración según la Guía de VDC de Singapur (Centre for Construction IT VDC Workgroup, 2017, pp.52).

- a. Periodo de Colaboración Intensiva (ICP, por sus siglas en inglés “*Intense Collaboration Period*”): en este periodo se realizaron 2 sesiones interdisciplinarias de colaboración semanalmente.

- b. Periodo de Colaboración Progresiva (PCP, por sus siglas en “*Progressive Collaboration Period*”): en este periodo se realizó 1 sesión interdisciplinarias de colaboración semanal.

A continuación, se muestra una representación gráfica de la proporción del tiempo en cada una de las fases durante el diseño. En este gráfico, se incluye la fase de construcción como una etapa posterior que también debería estar ligada con sesiones de colaboración las cuales suelen ser denominadas “*Last Planner Sessions*”. No obstante, para el alcance de la presente investigación solo es la gestión del diseño.

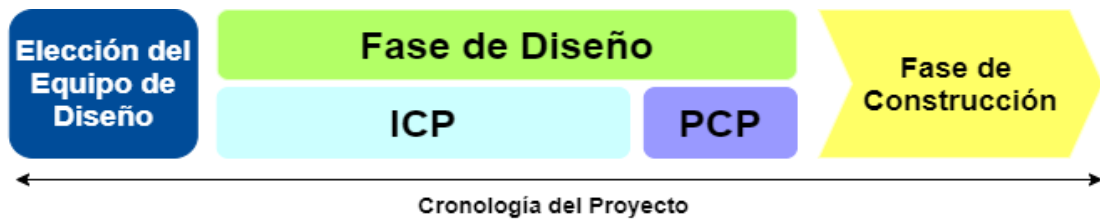


Figura 8: Fases ICP y PCP en la etapa de Diseño

Adaptado de: Building and Construction Authority (2017, pp.59). Singapore VDC Guide. Recuperado de https://www.corenet.gov.sg/media/2094675/singapore-vdc-guide_version1_oct2017.pdf

4.3.2.2. Ciclos de las Sesiones de Colaboración

Las sesiones de colaboración, tanto intradisciplinarias como interdisciplinarias, siguen un modelo de reunión tipo acordeón. Esto quiere decir que el ciclo de las sesiones inicia con una reunión interdisciplinaria, donde se reúnen las partes interesadas del proyecto como lo son el arquitecto, cliente, ingeniero estructural, sanitario y eléctrico. Durante esta sesión se sigue una agenda específica que será detallada más adelante en la presente investigación (inciso 4.3.3). En ella se aborda todos los puntos designados previamente para la sesión y al finalizar es necesario repasar los logros alcanzados en relación con los objetivos trazados para la reunión. Posterior, cada grupo de especialistas se reúne y trabaja con el *input* que el líder de equipo comunicará en relación a la sesión interdisciplinaria previamente mencionada. Luego, se realiza otra sesión colaborativa entre las partes interesadas donde se actualiza la información de cada uno de ellos según las reuniones intradisciplinarias que se tuvieron. Este ciclo de sesiones se repite y es el conocido como el “Modelo Acordeón”. A continuación, se mostrará un gráfico que busca representar lo previamente explicado.

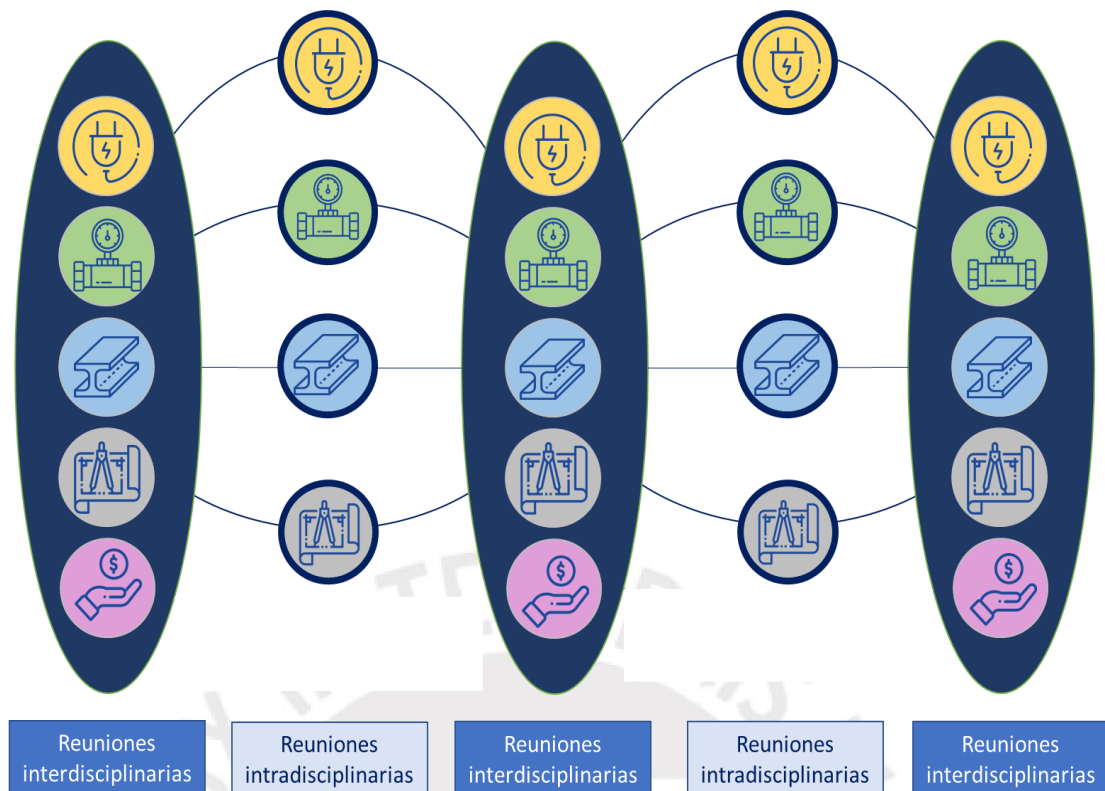


Figura 9: Ciclo de reuniones de colaboración

Fuente: propia

En el gráfico también se puede observar como el cliente participa de las reuniones interdisciplinarias. Esto se debe a que se busca una captura completa de sus requerimientos en el diseño del proyecto y su aprobación inmediata ante cualquier decisión de cambio que se deba de tomar en la misma reunión. Para el periodo de sesiones PCP, el cliente ya no está presente en estas reuniones debido a que los temas de discusión son netamente técnicos para la entrega final del diseño.

4.3.2.3. Entorno de Sesiones

Las reuniones de colaboración entre los diferentes grupos de trabajo para este proyecto se realizaron con la metodología de *Virtual Big Room*. Para ello, se utilizó el software *ZOOM Rooms*. Este es un sistema que ofrece una experiencia integrada para conferencias de audio, pantalla inalámbrica y videoconferencias. Además, una de las ventajas de esta herramienta es que incluye la función de *Break Rooms*; donde en una sala principal se separa por salas pequeñas en donde cada especialidad puede reunirse para realizar las sesiones de colaboración intradisciplinarias y volver a conectarse a la sesión principal para la reunión interdisciplinaria. Esta herramienta permitió la

conexión de cada miembro del equipo desde sus diferentes locaciones para realizar un trabajo remoto en el diseño del proyecto de aulas informáticas.

4.3.3. Agenda de sesiones

En cada una de las sesiones programadas se aplicaron las metodologías de *Extreme Collaboration* (XC) y *Phase Scheduling* (PS). El objetivo principal de estas reuniones era coordinar todas las actividades posibles entre las especialidades, lo cual implicaba recibir o entregar información necesaria para continuar con el diseño y que todos los especialistas estuvieran enterados de cualquier cambio en el mismo lo antes posible. Con esta coordinación en las sesiones se logró que en cualquier especialidad no se tenga que rehacer una actividad debido a un rediseño en otra.

Para cada sesión se efectuaron cuadros que resumen la información de las actividades, en los cuales se detallan los objetivos, resultados obtenidos, quiénes fueron los especialistas involucrados y el tiempo, tanto planificado como real, de duración de la reunión. Asimismo, se distribuyeron las tareas específicas de cada uno de los involucrados como en las sesiones *Phase Scheduling* (PS). Finalmente, con la evaluación de los resultados obtenidos, se agenda la siguiente sesión. En este inciso se detallará el desarrollo de una sesión modelo para las etapas de cabida arquitectónica, proyecto y compatibilización; puesto que, en ellas hubo una mayor interacción entre especialidades.

Cabe mencionar que, para recibir retroalimentación sobre la productividad y eficiencia de las reuniones, el líder de equipo dirigió el uso de la herramienta *Plus / Delta*. Esto se llevó a cabo durante 10 minutos al final de cada una de las sesiones de colaboración. Su objetivo es identificar las buenas prácticas de las sesiones de colaboración, así como los aspectos sobre el flujo de trabajo que fueron deficientes. De esta manera, se busca continuar con las buenas prácticas registradas e implementar mejoras y cambios para los otros aspectos en para las próximas reuniones. Todos los participantes de la reunión dan su punto de vista. Posteriormente, en los siguientes incisos se muestra el cuadro de *Plus Delta* para cada una de las reuniones modelo.

4.3.3.1. Agenda en la sesión de la etapa de la cabida arquitectónica

Para la sesión N°1 de la etapa de la cabida arquitectónica, la especialidad de Instalaciones Sanitarias debía presentar el sistema de abastecimiento y almacenamiento para la red de agua fría, la cual para este proyecto se trató de una alimentación indirecta inferior, de modo que se presentó el predimensionamiento de la cisterna. A partir de esta información, el especialista de IIEE debía definir la potencia del equipo de bombeo necesario para el sistema de alimentación. Asimismo, el arquitecto definió la ubicación de la cisterna para que el especialista de estructuras lo tome en cuenta para la estructuración de la edificación. Los especialistas involucrados se organizaron desarrollando las siguientes funciones:

- Arquitecto: se encargó liderar la sesión; por lo tanto, estaría el encargado de solicitar la exposición del especialista de IISS y a partir de ello tomaría la decisión de la ubicación de la cisterna, lo cual se lo debía comunicar al especialista de estructuras.
- Especialista de IISS: este miembro del equipo se encargaría de presentar de manera clara y concisa la información acerca del sistema de alimentación y abastecimiento de agua fría y desagüe que tendría la edificación, así como de presentar el predimensionamiento de la cisterna.
- Especialista de IIEE: este sería el *facilitador* de la reunión, encargado de que todos los especialistas presenten sus ideas y opiniones de manera ordenada. Asimismo, recibiría la información de IISS para definir la potencia del equipo de bombeo.
- Especialista de estructuras: recibiría la información de IISS y arquitectura para realizar la estructuración. Además, este sería el *recorder* de la reunión, encargado de anotar los resultados obtenidos: el sistema de alimentación y almacenamiento, la ubicación de la cisterna y los trabajos pendientes para la especialidad de estructuras e IIEE partir de la información brindada.

A continuación, se muestra el cuadro resumen de la sesión.

Tabla 2: Agenda sesión de la etapa de cabida estructural

XC SESIÓN 2 (12/04/20)	OBJETIVOS	PARTICIPANTES
<ul style="list-style-type: none"> Entendimiento por parte de todos los involucrados acerca del sistema de la alimentación y abastecimiento de la edificación, así como el predimensionamiento y ubicación de la cisterna. IIEE: recibir la información necesaria para que defina la potencia del equipo de bombeo. Estructuras: recibir la información necesaria para que empiece a realizar la estructuración del edificio. Programación de la siguiente sesión objetivos y responsabilidades. 		4 especialistas en: Estructuras Arquitectura Instalaciones Eléctricas Instalaciones Sanitarias
RESULTADOS		DURACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> El área de IISS presentó concisa la información acerca del sistema de alimentación y abastecimiento de sus instalaciones, mas no el predimensionamiento de la cisterna, de modo que no se cumplió con el primer objetivo. Se cumplió con el segundo objetivo. A partir de la falta de información por IISS no se pudieron lograr del tercer objetivo. Se coordinó una reunión dentro de dos (2) días para cumplir con el objetivo que no se logró. 		Planificado: 1.5 horas Real: 2.5 horas

Fuente: propia

Al finalizar la sesión se aplicó la herramienta Plus / Delta como se mencionó anteriormente y en seguida se muestra el resultado.

Tabla 3: Plus Delta para la sesión en la etapa de la cabida

+	△
<ul style="list-style-type: none"> Todos los miembros citados participaron de la reunión. Las decisiones del equipo se tomaron rápido y entre todos los participantes. Las alternativas de diseño surgieron de manera fluida y diversa debido a la participación de todas las especialidades. Fue positivo que el cliente participe de la reunión, ya que algunas ideas las rechazó y otras las aprobó durante la sesión. Se cumplió con la agenda de la reunión. Al finalizar la reunión se recapitaron los puntos más importantes de la sesión. 	<ul style="list-style-type: none"> Los involucrados deben procurar ser puntuales para el inicio de las próximas sesiones. Hubo fallas en la conectividad de algunos participantes debido a la alta congestión del internet por el día y la hora de la reunión. Cada integrante se debe familiarizar con las herramientas que ofrece Zoom Rooms para aumentar la eficiencia durante la sesión. Se debe procurar que todos los participantes tengan la cámara encendida durante la sesión. Exigir a todos los integrantes que se respete el plazo establecido para los entregables.

Fuente: propia

4.3.3.2. Agenda en la sesión de la etapa del proyecto

Para la sesión N°2 de la etapa del proyecto, se estaba realizando el diseño de las vigas por parte del área de estructuras y se presentó un problema con respecto al exceso de la cuantía de acero máxima permitida. A partir de ello, el tema central de la sesión fue presentar las posibles soluciones a dicha problemática por parte de la mencionada especialidad y analizar en qué modo podría afectar en las demás. Los especialistas involucrados se organizaron desarrollando las siguientes funciones:

- Especialista de estructuras: sería el líder del equipo, se encargaría de presentar de manera clara y concisa el problema de exceso de cuantía en las vigas a los demás involucrados y las posibles soluciones que se podían tomar, las cuales no generarían cambios en la arquitectura de la edificación. Asimismo, organizaría las ideas por parte de los demás miembros del grupo y a partir de ellas, finalmente, tomaría la decisión más adecuada, la cual perjudicaba en menor medida las demás especialidades.
- Otras especialidades: detallarán las consecuencias que traerían a sus áreas las diferentes medidas propuestas por estructuras; es decir, las posibles interferencias que se generarían y mencionaron cuál les parecía la solución más conveniente para sus respectivas áreas. El arquitecto fue el facilitador y el especialista de IIEE, el *recorder*.

A continuación, se muestra el cuadro resumen de la sesión:

Tabla 4: Agenda sesión de la etapa del proyecto

XC SESIÓN 12 (17/05/20)	OBJETIVOS	PARTICIPANTES
<ul style="list-style-type: none"> ● Escoger de manera conjunta la solución más factible para todas las especialidades. ● Generar la programación para la siguiente sesión con objetivos y responsabilidades para cada participante. ● Evaluar el desempeño hasta la fecha y las lecciones aprendidas. 		5 especialistas en: <ul style="list-style-type: none"> ● Estructuras ● Arquitectura ● Instalaciones Eléctricas ● Instalaciones Sanitarias
RESULTADOS		DURACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ● Se cumplieron todos los objetivos trazados, tomando como decisión final prolongar las longitudes de las placas aldañas a las vigas que presentaban el problema. ● Hubo un adecuado intercambio de información entre todos los involucrados. ● A partir de los cambios, IIEE debe buscar una nueva ubicación para sus tableros. 		Planificado: 2 horas Real: 3 horas

Fuente: propia

Al finalizar la sesión se aplicó la herramienta Plus / Delta como se mencionó anteriormente y en seguida se muestra el resultado:

Tabla 5: Plus Delta para la sesión en la etapa de la cabida

+	△
<ul style="list-style-type: none"> • Todos los miembros citados participaron de la reunión. • No hubo fallas en la conexión ya que se cambió el día de la semana y la hora de la reunión. • Se siguió la agenda de la reunión. • Se delimitaron fechas para los entregables en coordinación con la disponibilidad de todos los miembros. • Fue positivo que exista un líder de equipo para guiar los puntos tratados en la reunión y no desviarse de los objetivos. • Se realizó videollamada para acercar al grupo de trabajo en comparación con las anteriores sesiones que fueron sin cámara. • Fue favorable la designación de un moderador para dirigir la participación de los miembros del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los involucrados deben procurar ser puntuales para el inicio de las próximas sesiones. • La reunión duró más tiempo de lo planificado. • No todos los participantes se encontraban enfocados en el tema de la reunión. • Todos los especialistas deben de leer los objetivos de la sesión previamente al inicio de la misma.

Fuente: propia

4.3.3.3. Agenda en la sesión de la etapa de la compatibilización

Para esta etapa de compatibilización se cuenta con los modelos en 3D obtenidos tras el diseño de cada especialista ya que la etapa de diseño ya ha sido culminada en su totalidad. En conjunto a ello, se usa el *software* NavisWork para identificar las posibles interferencias y finalmente se realiza la corrección para elaborar un modelo unificado.

Los especialistas involucrados se organizaron desarrollando las siguientes funciones:

- Líder del equipo: el especialista de arquitectura se encargó de solicitar los modelos a cada uno de los especialistas con el nivel de detalle requerido para los elementos diseñados. Asimismo, define los objetivos a cumplir en la sesión de reunión y facilita la visualización adecuada para todos los involucrados.
- Miembros del equipo: los diseñadores de estructuras, instalaciones eléctricas y sanitarias brindaron toda la información necesaria con respecto a sus especialidades a partir del liderazgo del arquitecto.
- Facilitador: el encargado de estructuras fue el encargado de facilitar la adecuada comunicación entre las partes y el desarrollo adecuado de la sesión.

- **Recorder:** los especialistas de instalaciones eléctricas y sanitarias se encargaron de apuntar todas las incompatibilidades detectadas en conjunto por todos los miembros del equipo y organizar la información obtenida al final de la sesión.

A continuación, se muestra el cuadro resumen de la reunión:

Tabla 6: Agenda sesión de la etapa de compatibilización

XC SESIÓN 16 (25/06/20)	OBJETIVOS	PARTICIPANTES
<ul style="list-style-type: none"> ● Arquitectura: organizar los modelos de las especialidades de manera concisa para que cada involucrado participe y sea capaz de visualizar adecuadamente. ● Otras especialidades: identificar las interferencias generadas entre sus diseños mediante los modelos solicitados por el arquitecto. ● Eliminar las incompatibilidades detectadas entre especialidades con ayuda del programa NavisWork y elaborar un modelo unificado. 		5 especialistas en: <ul style="list-style-type: none"> ● Estructuras ● Arquitectura ● Instalaciones Eléctricas ● Instalaciones Sanitarias
RESULTADOS		DURACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ● Se cumplieron todos los objetivos trazados, obteniéndose un modelo libre de incompatibilidades y que puede ser entregado al cliente. ● Hubo un adecuado intercambio de información entre todos los involucrados. 		Planificado: 3 horas Real: 3.5 horas

Fuente: propia

En seguida se muestra el resultado de la aplicación de la herramienta Plus Delta.

Tabla 7: Plus Delta para la sesión en la etapa de la cabida

+	△
<ul style="list-style-type: none"> ● Todos los miembros citados participaron de la reunión. ● Fue eficiente que en esta reunión no se incluya al cliente, ya que se resolvieron problemas técnicos. ● Enviar los reportes de las interferencias a los especialistas antes de la reunión permitió agilizar el proceso. ● Asignar responsables en cada interferencia detectada fue ventajoso para la coordinación entre los especialistas. ● Algunas interferencias usuales (según un método tradicional) no ocurrieron en el diseño de este proyecto debido a la colaboración temprana entre los involucrados. ● Desarrollar el modelo 3D en la nube permitió tener siempre la versión actualizada de todas las especialidades. 	<ul style="list-style-type: none"> ● El tiempo de la reunión fue muy extenso lo cual debe reducirse. ● Se puede mejorar la tolerancia establecida para detectar las interferencias. ● Procurar designar correctamente las reglas para determinar las de interferencias para evitar correr nuevamente el NavisWorks. ● Se puede determinar de manera más eficiente las especialidades que se van a cruzar para generar los reportes. ● Deberían poder compartir dos personas su pantalla al mismo tiempo. ● Los especialistas podrían aportar más cuando se trata de una interferencia que no sea directamente de su especialidad, ya que el criterio ingenieril de cada uno puede aportar bastante en la solución.

<ul style="list-style-type: none"> • Todos los miembros del equipo permanecieron con cámara encendida durante la sesión. 	
---	--

Fuente: propia

Por último, otra herramienta que se utilizó para medir la eficacia en el desempeño de cada participante, se entregó una encuesta muy breve en donde se puntúa del 1 al 5, considerando 1 muy bajo a 5 muy alto, la participación de los especialistas durante la sesión de colaboración. Cabe mencionar que esto se desarrolló durante los 10 minutos mencionados anteriormente. El formato utilizado se muestra a continuación:

CUESTIONARIO SESIONES DE COLABORACIÓN

RESPONDER LAS SIGUIENTES PREGUNTAS SIENDO 1 MUY BAJO Y 5 MUY ALTO

1. ¿QUÉ TAN EFICIENTE Y ÚTIL FUE LA SESIÓN PARA USTED?
 1 2 3 4 5
2. ¿QUÉ TAN PREPARADO SE ENCONTRABA PARA LA SESIÓN?
 1 2 3 4 5
3. ¿SINTIÓ QUE SE RESOLVIERON RESTRICCIONES PARA CONTINUAR CON SU TRABAJO?
 1 2 3 4 5
4. ¿CONSIDERA QUE EL TIEMPO DE LA SESIÓN FUE EL ÓPTIMO?
 1 2 3 4 5
5. ¿SE TOCARON TODOS LOS PUNTOS DE LA AGENDA?
 1 2 3 4 5

Figura 10: Formato de encuesta para las sesiones de colaboración

Fuente: propia.

4.3.4. Red social

Se siguió el mismo procedimiento del método tradicional para definir la red social durante la etapa de diseño, considerando la aplicación de todas las herramientas de gestión definidas previamente. A comparación del método tradicional, se observa una interacción directa no solo entre el arquitecto y los demás especialistas, sino también entre estos

últimos mencionados. Esto evitará la propagación de los errores, pues todos los stakeholders están en constante coordinación. En la figura 11 se presenta la red social para la etapa de diseño, la cual se obtuvo a partir de las interacciones entre especialistas mostradas en los anexos.

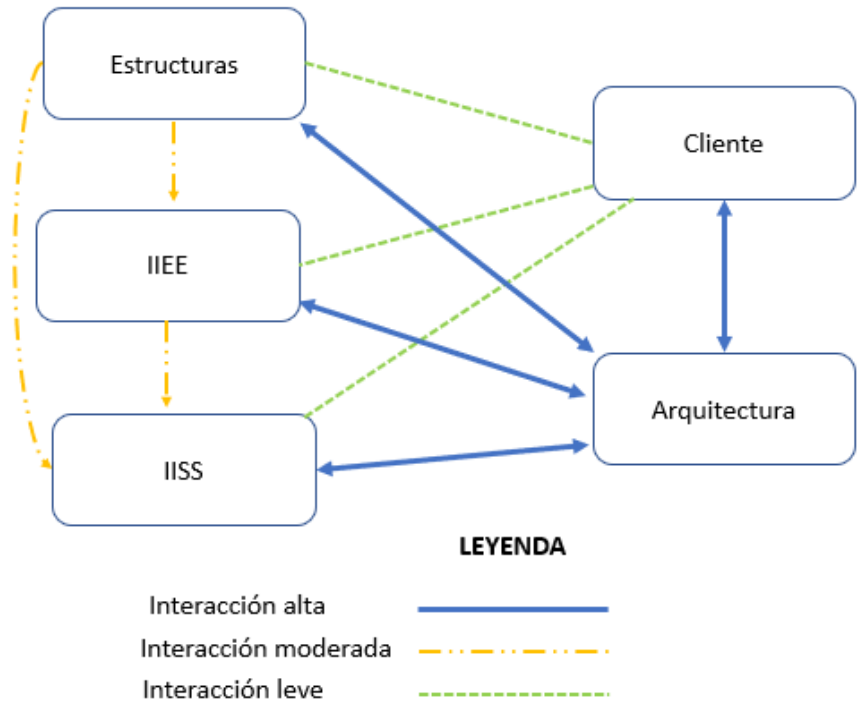


Figura 11: Red social para método propuesto

Fuente: propia.

4.3.5. Coordinación del diseño

4.3.5.1. Reportes de interferencias

Empleando los modelos en Revit de las especialidades y la herramienta de Naviswork *Clash Detection*, se revisaron todas las incompatibilidades del diseño. Se generó un reporte entre pares de especialidades y se hicieron diversos filtros, como por ejemplo según la tolerancia en la distancia entre modelos. Una vez obtenido el reporte de incompatibilidades, se agrupan los *clashes* de acuerdo al nivel de importancia del problema y tipo de error.

En los gráficos 12, 13, 14 se muestran la clasificación de los errores detectados durante la compatibilización. Asimismo, en el anexo B: Reporte de Interferencias se lista todas incompatibilidades detectadas, así como su clasificación y grado de importancia.

Tabla 8: Par de especialidades y número de interferencias. Fuente: Propia

Par de especialidades	Nro interferencias
IISS vs Estructuras	24
IIEE vs Estructuras	124
IISS vs Arquitectura	53
IIEE vs Arquitectura	23
IIEE vs IISS	5
Estructuras vs Arquitectura	7
	236

CLASIFICACIÓN DE INTERFERENCIAS POR PARES DE ESPECIALIDAD

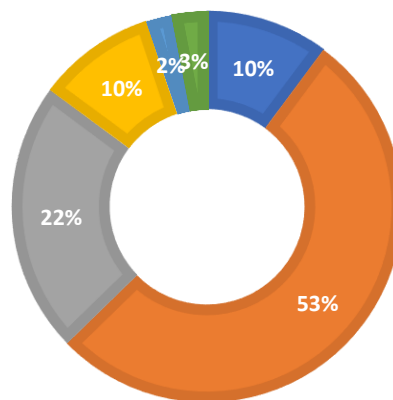
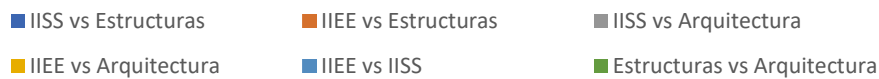


Figura 12: Clasificación de interferencias por pares de especialidad

Fuente: propia.

En la figura, se clasifican todas las interferencias detectadas de acuerdo a una revisión por pares de especialidades. Se observa un mayor porcentaje de interferencias entre las especialidades de IIEE y Estructuras. La razón de ello es que durante el diseño de los elementos estructurales hubo ciertos cambios de sección justificados por la excesiva cuantía. Así, el especialista estructural hizo diversas modificaciones en las dimensiones

de los elementos, las cuales afectaron a otros especialistas como el de instalaciones eléctricas.

Es fundamental clasificar las interferencias detectadas para tomar las medidas necesarias de acuerdo a su orden de prioridad. En la imagen que se muestra a continuación, se observa que el mayor porcentaje de interferencias fueron clasificadas como de alta prioridad, lo cual evidencia la necesidad de que estas incompatibilidades sean resueltas de manera inmediata. Ello implica una coordinación más directa entre los especialistas involucrados en la interferencia.

Tabla 9: Importancia y número de interferencias. Fuente: Propia.

Importancia	Nro interferencias
Critica	16
Alta	145
Moderada	52
Baja	23
	236

CLASIFICACIÓN DE INTERFERENCIAS POR PRIORIDAD

■ Critica ■ Alta ■ Moderada ■ Baja

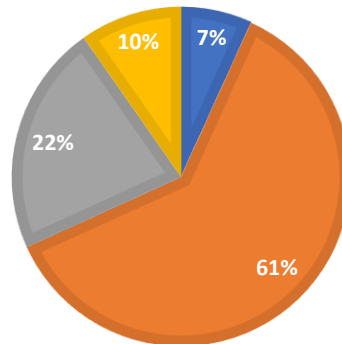


Figura 13: Clasificación de interferencias por prioridad

Fuente: propia.

Otra clasificación fue la de interferencias por tipo de error, lo cual demuestra ciertas incompatibilidades de elementos que no podrían ser ejecutados en obra, elementos que fueron modelados de manera errónea y elementos que requieren un rediseño o coordinación de productos de interferencias.

Tabla 10: Tipo de error y número de interferencias. Fuente: Propia.

Tipo de error	Nro de interferencias
Construcabilidad	2
Modelado	58
Especificaciones de diseño	176
	236

CLASIFICACIÓN DE INTERFERENCIAS POR TIPO DE ERROR

■ Construcabilidad ■ Modelado ■ Especificaciones de diseño

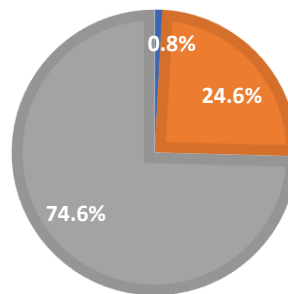


Figura 14: Clasificación de interferencias por tipo de error

Fuente: propia.

4.3.5.2. Resolución de interferencias

Las interferencias son analizadas en las reuniones entre los especialistas con la finalidad de proponer medidas ante estos inconvenientes. Por ejemplo, se designan responsables y plazas de entrega de soluciones. A continuación, se presentan reportes de las interferencias más importantes detectadas por cada par de especialidad.

A) Instalaciones Sanitarias (sistema de desagüe – sistema de ventilación)

Descripción de interferencia

Se observa un cruce entre las tuberías de desagüe y ventilación, esta última inicia su recorrido en el baño del primer piso hacia la azotea. La tubería de desagüe del lavatorio del segundo piso interfiere con el paso de la tubería de ventilación.

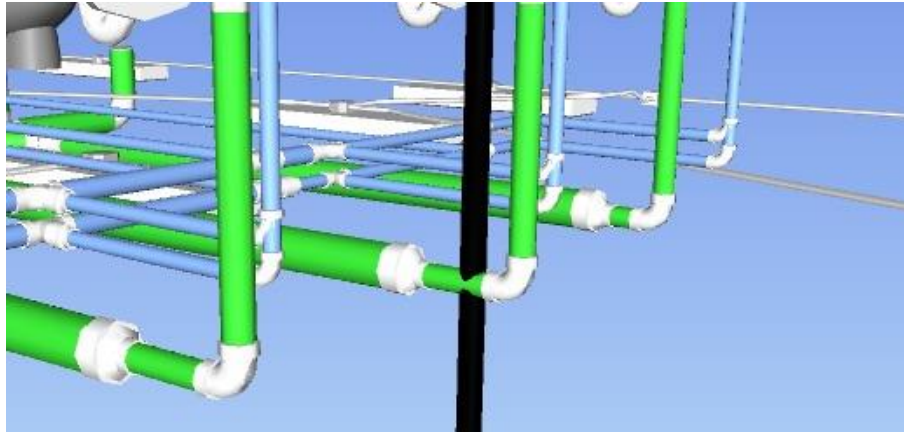


Figura 15: Interferencia ventilación y desagüe

Fuente: propia.

Recomendación:

La tubería de ventilación que sube a la azotea debería tener un quiebre a 45 grados de manera que se evada la de desagüe del segundo piso. Otra opción sería desplazar el punto de partida de la tubería de ventilación para evitar el cruce con la de desagüe.

B) Estructuras - Instalaciones Sanitarias

Descripción de interferencia

Se observa que las tuberías sanitarias atraviesan una placa PL-02 del primer nivel. Este cruce afectaría la funcionalidad estructural del elemento vertical.

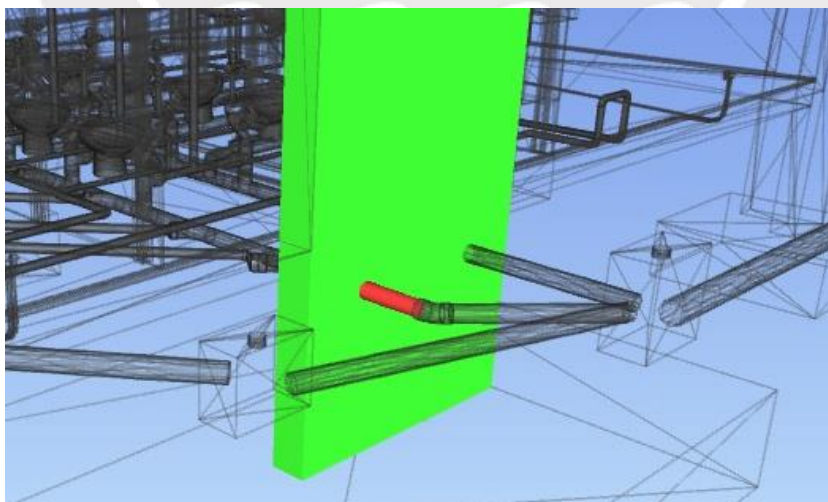


Figura 16: Interferencia sanitarias y estructuras

Fuente: propia.

Recomendación:

La solución podría ser desplazar el pozo sumidero que conecta a las tuberías con la finalidad de modificar el trazo de las mismas que ingresan a la edificación. Otra solución sería conectar las tuberías a otro pozo sumidero cercano al anterior.

C) Arquitectura – Instalaciones Eléctricas

Descripción de interferencia

Se observa un cruce entre la tubería de electricidad y la ventana de un aula del primer nivel. Esta tubería cruza la ventana, lo cual afectaría la funcionalidad y estética de la edificación.

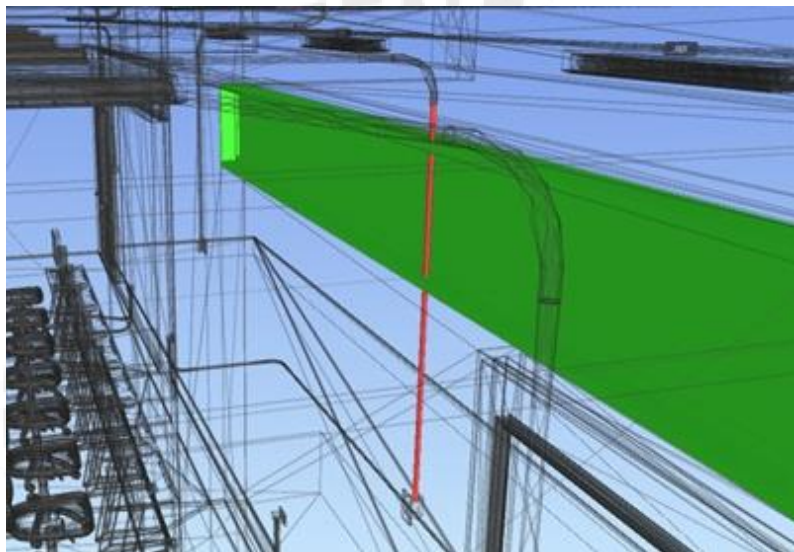


Figura 17: Interferencia eléctricas y arquitectura

Fuente: propia.

CAPITULO 5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Para la evaluación de resultados se procede a utilizar el método de comparación de ventajas (CBA). Para ello, se listaron los distintos parámetros aplicables a ambas metodologías de gestión del diseño y que presentan una considerable diferencia. Se evaluará lo desarrollado en la investigación comparando los métodos en función a parámetros como análisis de redes sociales, gestión de interferencias, nivel de visualización, efectividad en la toma de decisiones y grados de eficiencias en las reuniones de coordinación. Posteriormente se selecciona el atributo o métrica de comparación, se asigna un puntaje de ponderación y se califican todos los atributos con el fin de determinar el método más óptimo.

A continuación, se detallarán cada uno de los factores analizados en la matriz CBA y los criterios seguidos para asignar sus respectivos puntajes.

1) **Porcentaje de tareas completadas en un día según lo planificado**

Este factor se relaciona con la fracción de tiempo en las que las actividades programadas inician y terminan dentro de lo programado con el nivel de detalle elegido para la planificación. Según el *Working Paper* Nro 097 de CIFE “Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implamentation Suggestions” (Kunz y Fischer, 2012, pp. 28), en un proyecto tradicional las actividades se completan en un 70% de lo programado en un día, incrementando el tiempo de diseño. Por otro lado, la implementación de sesiones de colaboración ha demostrado que más del 95% de las actividades de diseño son completadas para el día en que fueron planificadas de acuerdo al cronograma.

2) **Cantidad de interferencias resueltas en el diseño**

Este factor de comparación evalúa el número total de conflictos, interferencias o incompatibilidades y que son resueltos durante la etapa de diseño. En el proyecto tradicional no se realiza la resolución de interferencias hasta la etapa de construcción lo que resulta en un valor de 0 para el criterio en mención. Por otro lado, al aplicar la metodología propuesta se obtuvieron 236 interferencias que fueron resueltas a lo largo de todo el diseño.

3) Visualización del Proyecto

Se refiere al nivel de claridad y accesibilidad que tienen los diferentes involucrados en el proyecto para generar los reportes. La métrica planteada va en una escala de 1 a 5 donde 1 es un nivel de visualización muy bajo y 5 alto u óptimo. Según el *Working Paper* Nro 097 de CIFE (Kunz y Fischer, 2012, pp. 29), en un proyecto tradicional normalmente no está controlado y se limita a modelos tradicionales en 2D y diagrama de Gantt, mientras que la metodología propuesta permite mejor visualización al aplicar VDC y sesiones ICE basadas en la colaboración de los involucrados, incrementando considerablemente la satisfacción del cliente y los especialistas. En base a ello, para el método tradicional se calificó la presente métrica con un puntaje de 2 frente al método propuesto que obtuvo 4.5.

4) Nivel de desarrollo de las Redes Sociales entre los miembros del equipo de diseño

Para analizar este factor de comparación, se realizó un análisis de las redes sociales entre los especialistas y el nivel de intercambio de información a través de las reuniones virtuales realizadas en los *ZOOM Rooms*. El mencionado análisis se detalla en el inciso 4.3.4. Si se evalúa el nivel de desarrollo de las redes sociales entre los miembros del equipo de diseño en una escala de 1 al 5, donde 1 es la más baja y 5 la más alta, en caso de desarrollarse el proyecto con las metodologías propuestas, esta calificaría con un 4; mientras que, en un proyecto tradicional le correspondería un valor de 1.5.

5) Rapidez de la toma de decisiones

La eficiencia de la toma de decisiones representa una medida fundamental del desempeño del proyecto. La rapidez de la toma de decisiones se refiere al tiempo desde que la información está disponible para tomar una decisión hasta que esta se anuncia. En un proyecto con el ambiente de diseño integrado el tiempo de demora de toma de decisiones se puede reducir a un tercio del tiempo que toma en un proyecto tradicional (Wojslaw, 2020).

6) **Participación de las partes interesadas**

La participación de las partes interesadas se refiere al grado en que estas tienen una participación oportuna y significativa en la revisión y aprobación de las actividades. Según el Working Paper Nro 097 de CIFE “Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions” (Kunz y Fischer, 2012, pp. 29), con las sesiones colaborativas del método propuesto, el 90% de las partes interesadas realizan una participación apropiada la cual es autoevaluada como relevante en las contribuciones para la revisión y aprobación de las actividades principales. En cambio, en un proyecto desarrollado con el método tradicional hay se tiene una participación reducida de los interesados de 60%.

7) **Eficiencia de las reuniones**

Para analizar este factor de comparación, se aplicó la herramienta Plus / Delta (+/Δ) el inciso 4.3.3 de la presente investigación. A través de esa reunión se pudieron reunir los aspectos positivos de las reuniones y las mejoras por incorporar. Por otro lado, las encuestas al final de cada reunión también permitieron definir el atributo para este factor. Se asignó una escala del 1 al 5, donde 1 representa una reunión deficiente y 5 una muy óptima. Para el método tradicional se obtuvo un puntaje de 1 frente al 4 obtenido para la metodología propuesta.

8) **Tiempo de Respuesta a un RFI**

Este indicador, al igual que el anterior, no fue medido durante el desarrollo de la investigación dado que el alcance solo abarca la parte de la gestión del diseño; sin embargo, en la búsqueda bibliográfica se pudieron obtener valores promedios para un tiempo de respuesta a un RFI (*Request For Information*). Según Roberto Arbulú, quien desarrolló el VDC Certificate Program (2012), en un método convencional el tiempo es de 1 a 3 semanas, mientras con la aplicación de las sesiones ICE es de 1 a 3 horas. Esta información también se valida en el Working Paper Nro 097 de CIFE “Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions” (Kunz y Fischer, 2012, pp. 28).

Una vez asignados los puntajes de cada atributo para cada alternativa, se procede a asignar un puntaje de ponderación para cada factor evaluado en función a la prioridad y relevancia considerada por cada especialista.

Finalmente se presenta la tabla resumen de la aplicación de CBA para comparar ambas metodologías.

Tabla 11: CBA para método tradicional y propuesto

Id	Factores y Criterios	Atributos	Método tradicional		Método propuesto		
1	Porcentaje de tareas completas diarias Crit: Más alto es mejor	Porcentaje (%)	At: 0.70 Vent: 0.00	0	At: 0.95 Vent: 0.25	40	
2	Cantidad de interferencias resueltas Crit: Más alto es mejor	Unidad	At: 0.00 Vent: 0.00	0	At: 236 Vent: 236	50	
3	Visualización del proyecto Crit: Más alto es mejor	Sin indicador	At: 2.00 Vent: 0.00	0	At: 4.50 Vent: 2.50	10	
4	Nivel de desarrollo de las redes sociales Crit: Más alto es mejor	Sin indicador	At: 1.50 Vent: 0.00	0	At: 4.00 Vent: 3.50	60	
5	Rapidez de toma de decisiones Crit: Menor tiempo es mejor	Fracción de tiempo	At: 1.00 Vent: 0.00	0	At: 0.33 Vent: 0.77	70	
6	Participación de las partes interesadas Crit: Más alto es mejor	Porcentaje (%)	At: 60.00 Vent: 0.00	0	At: 90.00 Vent: 30.00	80	
7	Eficiencia de las reuniones Crit: Más alto es mejor	Sin indicador	At: 1.00 Vent: 0.00	0	At: 4.00 Vent: 3.00	30	
8	Tiempo de respuesta a un RFI Crit: Más bajo es mejor	Tiempo (horas)	At: 48.00 Vent: 0.00	0	At: 3.00 Vent: 45.00	20	
				TOTAL	0	TOTAL	360

Fuente: propia

CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De los flujos de trabajo desarrollados para las metodologías tradicional y propuesta se concluye que la participación de los especialistas para el método tradicional es muy pobre y se focaliza en la etapa de anteproyecto y proyecto. Además, existe una interacción casi nula entre los diseñadores para la coordinación del proyecto. Por otro lado, para la metodología propuesta se observa que el involucramiento de las partes interesadas existe desde etapas tempranas y a lo largo de todo el proyecto lo cual promueve la coordinación entre los miembros de equipo. Asimismo, se identifican interdependencias en el desarrollo del diseño lo cual fomenta la colaboración en el diseño.
- Se concluye que la programación de las sesiones de colaboración fue eficiente puesto que generó un flujo de trabajo continuo debido al ciclo de reuniones inter e intradisciplinarias. Además, se logró una correcta organización, la cual permitió completar los entregables del equipo, con la finalidad de cumplir los hitos de trabajo en cada etapa del diseño.
- El uso de *ZOOM Rooms* permitió aplicar la metodología de *Virtual Big Room* para trabajar de manera colaborativa. De ello, se concluye que es una herramienta muy óptima para el desarrollo del diseño debido a que permite trabajar a los diferentes especialistas compartiendo su trabajo de manera remota.
- La generación de una agenda para las sesiones es recomendable durante la etapa de diseño, pues permite una mejor claridad acerca de los objetivos a tratar en cada una de ellas, así como las funciones de cada uno de los involucrados. Asimismo, el detallar los resultados de cada reunión permite que los especialistas tengan conocimiento acerca del estado de cumplimiento de los hitos, teniendo una idea del avance del diseño del proyecto.
- Se determinó que la aplicación de las sesiones de colaboración permitió mayor rapidez en la toma de decisiones dado que todos los involucrados se encontraban en una misma sala virtual promoviendo un proceso más eficiente.

- El involucramiento del cliente durante el periodo IPC de las sesiones benefició en gran medida la captura completa de sus requerimientos en el diseño. Además, esto agilizó la aprobación de las diferentes propuestas de los especialistas.
- La aplicación de la herramienta *Plus/Delta* fue útil para la mejora continua en la gestión de las reuniones, pues se recopila una retroalimentación de las partes interesadas en cada una de las sesiones. Es recomendable su aplicación para continuar con las buenas prácticas en la programación de las reuniones.
- La aplicación de un cuestionario al finalizar cada sesión de colaboración fue muy útil para la mejora continua de las mismas. Además, es una herramienta práctica en la cual los especialistas pueden evaluar el desempeño de sí mismos y de los miembros de su equipo.
- Se evidenció que en el método propuesto se desarrolló un alto nivel de interacción entre los involucrados en el proyecto. Esto es fundamental en la etapa de diseño de todo proyecto pues permite evitar futuros errores en la etapa constructiva. Es por esta razón que el establecer una relación directa entre todos los especialistas es indispensable para fomentar una mejor coordinación entre los profesionales, evitando retrabajos de diseño o pérdidas económicas en la etapa de construcción.
- La elaboración de los modelos en 3D permitieron una mejor visualización del proyecto, debido a que se pudo realizar un recorrido a través de los diferentes ambientes (realismo tercera persona). Además, con un modelo 3D se tiene mejor detalle de los elementos de las diferentes especialidades.
- El utilizar los modelos 3D facilitó la coordinación entre los diferentes miembros del equipo, ya que fue más sencillo contar con los elementos de las diferentes especialidades actualizados, dado que las últimas versiones se encontraban en la nube.
- La detección de interferencias del diseño se facilitó gracias al uso de los modelos 3D y de la herramienta NavisWorks, permitiendo una mejor coordinación entre los

especialistas al asignar responsables por cada interferencia detectada. Asimismo, esta herramienta permite un ahorro significativo de tiempo en el diseño, debido a la detección automatizada de interferencias.

- La elaboración de los modelos en 3D permitieron una mejor visualización del proyecto, debido a que se pudo realizar un recorrido a través de los diferentes ambientes (realismo tercera persona). Además, con un modelo 3D se tiene mejor detalle de los elementos de las diferentes especialidades.



ANEXOS

A. RED SOCIAL PARA METODO PROPUESTO

ETAPAS DE TRABAJO DURANTE EL DISEÑO									
Cliente	Coordina con	Arquitectura	Coordina con	Estructuras	Coordina con	IISS	Coordina con	IIEE	Coordina con
Coordinación	Arquitectura	Definición del proyecto	Cliente, Estructuras, IISS, IIEE	Estructuración	Arquitectura	Cálculo de la dotación	-	Equipo de bombeo	IISS
		Concepción del proyecto		Predimensionamiento	Arquitectura	Elección del sistema de abastecimiento	IIEE	Salidas de tomacorriente, alumbrado y comunicación	Arquitectura, estructuras
		Cabida arquitectónica		Análisis y resultados	Arquitectura, IIEE, IISS	Elección de sistema de almacenamiento (Dimensiones)	Estructuras	Cálculo de nrode tableros y circuitps	-
		Anteproyecto y proyecto		Diseño de elementos estructurales	Arquitectura	Ubicación de cajas de registro y montantes	Arquitectura, estructuras	Trazo de circuitos	Arquitectura, estructuras
-	-	-	-	-	-	Diseño de red de agua fría y desague	Arquitectura, estructuras	Cuadro de cargas	-
-	-	-	-	-	-	-	-	Cálculo de calibre de conductores y cable a tierra	-

METODO PROPUESTO

		ENTRADA 2				
		Cliente	Arquitectura	Estructuras	IISS	IIEE
ENTRADA 1	Cliente	-				
	Arquitectura		-			
	Estructuras			-		
	IISS				-	
	IIEE					-

LEYENDA	
Alta	
Moderada	
Leve	

B. REPORTE DE INTERFERENCIAS

IIS vs Estructuras				
Nro	Descripción	Importancia de interferencia	Tipo de error	Responsable
1	Cruce losa con montante de ventilación	Baja	Modelado	Mariana
2	Cruce tubería de desagüe con placa de concreto	Critica	Constructabilidad	Alvaro
3	Cruce tubería de desagüe con placa de concreto	Critica	Constructabilidad	Alvaro
4	Cruce losa con montante de ventilación	Baja	Modelado	Mariana
5	Tubería de ventilación con viga primer piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
6	Tubería de ventilación con viga primer piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
7	Tubería de ventilación con viga primer piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
8	Tubería de ventilación con viga primer piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
9	Tubería de ventilación con viga primer piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
10	Tubería de ventilación con viga primer piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
11	Tubería de ventilación con viga primer piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
12	Tubería de ventilación con viga primer piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
13	Tubería de ventilación con viga segundo piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
14	Tubería de ventilación con viga segundo piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
15	Codo tubería de red de agua fría con viga	Moderada	Modelado	Pablo
16	Codo tubería de red de agua fría con viga	Moderada	Modelado	Pablo
17	Codo tubería de red de agua fría con viga	Moderada	Modelado	Pablo
18	Codo tubería de red de agua fría con viga	Moderada	Modelado	Pablo
19	Codo tubería de red de agua fría con viga	Moderada	Modelado	Pablo
20	Codo tubería de red de agua fría con viga	Moderada	Modelado	Pablo
21	Tubería de agua fría con vigas	Alta	Especificación de diseño	Mariana
22	Tubería de agua fría con vigas	Alta	Especificación de diseño	Mariana
23	Tubería de agua fría con vigas	Alta	Especificación de diseño	Mariana
24	Tubería de agua fría con vigas	Alta	Especificación de diseño	Mariana

IIEE vs Estructuras				
Nro	Descripción	Importancia de interferencia	Tipo de error	Responsable
25	Tubería eléctrica con placa en primer piso	Alta	Especificación de diseño	Diana
26	Tubería eléctrica con placa en primer piso (salón)	Alta	Especificación de diseño	Diana
27	Viga con tubería eléctrica primer piso (escaleras)	Alta	Especificación de diseño	Diana
28	Viga con tubería eléctrica primer piso (pasadizo)	Alta	Especificación de diseño	Diana
29	Viga con tubería eléctrica primer piso (interior salón primer piso)	Alta	Especificación de diseño	Diana
30	Viga con tubería eléctrica primer piso (interior salón segundo piso)	Alta	Especificación de diseño	Diana
31	Viga con tubería eléctrica primer piso (interior salón 1 primer piso)	Alta	Especificación de diseño	Diana
32	Losa con tubería eléctrica (azotea)	Alta	Especificación de diseño	Diana
33	Tubería con placa (primer piso)	Alta	Especificación de diseño	Diana
34	Viga con tubería eléctrica primer piso (pasadizo)	Alta	Especificación de diseño	Diana
35	Viga con tubería eléctrica primer piso (salón 1)	Alta	Especificación de diseño	Diana
36	Viga con tubería eléctrica primer piso (salón 1)	Alta	Especificación de diseño	Diana
37	Luminaria led con losa de azotea	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
38	Tubería eléctrica con losa de azotea	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
39	Tubería eléctrica con losa de azotea	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
40	Tubería eléctrica con columna primer piso (salón 1)	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
41	Tubería eléctrica con losa de primer piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
42	Tubería eléctrica con losa de primer piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
43	Tubería eléctrica con losa de primer piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
44	Tubería eléctrica con losa de primer piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
45	Tubería eléctrica con losa de segundo piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
46	Tubería eléctrica con losa de segundo piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
47	Luminaria led con losa de segundo piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
48	Tubería eléctrica con losa de segundo piso	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
49	Tubería eléctrica con viga de azotea	Alta	Especificación de diseño	Alvaro
50	Tubería eléctrica con losa de primer piso (salones)	Alta	Especificación de diseño	Alvaro



131	Tubería eléctrica con viga de primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
132	Tubería eléctrica con viga de primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
133	Tubería eléctrica con placa primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
134	Tubería eléctrica con placa primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
135	Tubería eléctrica con viga de primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
136	Tubería eléctrica con placa primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
137	Tubería eléctrica con viga de primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
138	Tubería eléctrica con placa primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
139	Tubería eléctrica con placa primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
140	Tubería eléctrica con losa de segundo piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
141	Tubería eléctrica con viga de primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
142	Tubería eléctrica con placa primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
143	Tubería eléctrica con viga de primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
144	Tubería eléctrica con viga de primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
145	Tubería eléctrica con placa primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
146	Tubería eléctrica con viga de primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
147	Tubería eléctrica con viga de primer piso	Alta	Especificación de diseño	Pablo
148	que chch fue mano todo es diseño xd	Alta	Especificación de diseño	Pablo



IISS vs Arquitectura				
Nro	Descripción	Importancia de interferencia	Tipo de error	Responsable
149	Cruce lavatorio con muro	Baja	Modelado	Robin
150	Cruce lavatorio con muro	Baja	Modelado	Robin
151	Tubería de ventilación contenida en muro primer piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
152	Tubería de ventilación contenida en muro primer piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
153	Tubería de ventilación contenida en muro primer piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
154	Cruce uriano con muro	Baja	Modelado	Robin
155	Cruce uriano con muro	Baja	Modelado	Robin
156	Cruce uriano con muro	Baja	Modelado	Robin
157	Cruce uriano con muro	Baja	Modelado	Robin
158	Cruce uriano con muro	Baja	Modelado	Robin
159	Cruce uriano con muro	Baja	Modelado	Robin
160	Cruce uriano con muro	Baja	Modelado	Robin
161	Cruce uriano con muro	Baja	Modelado	Robin
162	Cruce uriano con muro	Baja	Modelado	Robin
163	Tubería de ventilación contenida en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
164	Tubería de ventilación contenida en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
165	Tubería de ventilación contenida en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
166	Tubería de agua fría en muro	Baja	Modelado	Pablo
167	Tubería de agua fría en muro	Baja	Modelado	Pablo
168	Tubería de agua fría en muro	Baja	Modelado	Pablo
169	Tubería de agua fría en muro	Baja	Modelado	Pablo
170	Tubería de agua fría en muro	Baja	Modelado	Pablo
171	Tubería de agua fría en muro	Baja	Modelado	Pablo
172	Tubería de agua fría en muro	Baja	Modelado	Pablo
173	Tubería de agua fría en muro	Baja	Modelado	Pablo
174	Tubería de agua fría en muro	Baja	Modelado	Pablo
175	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
176	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
177	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
178	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
179	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
180	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
181	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
182	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
183	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
184	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
185	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
186	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
187	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
188	Tubería de ventilación en muro segundo piso	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
189	Tubería de desagüe con piso	Alta	Especificación de diseño	Mariana
190	Tubería de desagüe con piso	Alta	Especificación de diseño	Mariana
191	Tubería de desagüe con piso	Alta	Especificación de diseño	Mariana
192	Tubería de desagüe con piso	Alta	Especificación de diseño	Mariana
193	Tubería de desagüe con piso	Alta	Especificación de diseño	Mariana
194	Tubería de desagüe con piso	Alta	Especificación de diseño	Mariana
195	Tubería de desagüe con piso	Alta	Especificación de diseño	Mariana
196	Tubería de desagüe con piso	Alta	Especificación de diseño	Mariana
197	Tubería de desagüe con piso	Alta	Especificación de diseño	Mariana
198	Tubería de desagüe con piso	Alta	Especificación de diseño	Mariana
199	Tubería de agua fría con piso	Moderada	Especificación de diseño	Mariana
200	Tubería de agua fría con piso	Moderada	Especificación de diseño	Mariana
201	Tubería de agua fría con piso	Moderada	Especificación de diseño	Mariana

HIEE vs Arquitectura				
Nro	Descripción	Importancia de interferencia	Tipo de error	Responsable
202	Tubería eléctrica con losa arquitectónica (azotea)	Moderada	Modelado	Robin
203	Tubería eléctrica con tabique en baño mujeres (primer piso)	Moderada	Modelado	Robin
204	Tubería eléctrica con piso arquitectónico salón 1 (segundo piso)	Moderada	Modelado	Robin
205	Tubería eléctrica con ventana salón 2 (primer piso)	Moderada	Modelado	Robin
206	Tubería eléctrica con ventana salón 2 (primer piso)	Moderada	Modelado	Robin
207	Tubería eléctrica con ventana salón 2 (primer piso)	Moderada	Modelado	Robin
208	Tubería eléctrica con piso arquitectónico salón 1 (primer piso)	Moderada	Modelado	Robin
209	Tubería eléctrica con ventana salón 1 (primer piso)	Moderada	Modelado	Robin
210	Tubería eléctrica con ventana salón 1 (primer piso)	Moderada	Modelado	Robin
211	Tubería eléctrica con ventana salón 1 (primer piso)	Moderada	Modelado	Robin
212	Tubería eléctrica con ventana baño mujeres (primer piso)	Moderada	Modelado	Robin
213	Tubería eléctrica con ventana salón 2 (primer piso)	Moderada	Modelado	Robin
214	Tubería eléctrica con ventana salón 1 (segundo piso)	Moderada	Modelado	Robin
215	Tubería con muro salón 1 (primer piso)	Alta	Modelado	Pablo
216	Tubería con muro salón 1 (primer piso)	Alta	Modelado	Pablo
217	Tubería con muro salón 1 (primer piso)	Alta	Modelado	Pablo
218	Tubería con muro salón 1 (primer piso)	Alta	Modelado	Pablo
219	Tubería con muro salón 1 (primer piso)	Alta	Modelado	Pablo
220	Tubería con muro salón 2 (primer piso)	Alta	Modelado	Pablo
221	Tubería con muro salón 2 (primer piso)	Alta	Modelado	Pablo
222	Tubería con muro salón 2 (primer piso)	Alta	Modelado	Pablo
223	Tubería con muro salón 2 (primer piso)	Alta	Modelado	Pablo
224	Tubería con muro salón 2 (primer piso)	Alta	Modelado	Pablo

HIEE vs IISS				
Nro	Descripción	Importancia de interferencia	Tipo de error	Responsable
225	Tubería pvc de agua fría con tubería de tomacorrientes	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
226	Tubería pvc de agua fría con tubería de tomacorrientes	Moderada	Especificación de diseño	Robin
227	Tubería pvc de agua fría con tubería de tomacorrientes	Moderada	Especificación de diseño	Pablo
228	Tubería pvc de agua fría con tubería de tomacorrientes	Moderada	Especificación de diseño	Robin
229	Tubería pvc de agua fría con tubería de tomacorrientes	Moderada	Especificación de diseño	Robin

Estructuras vs Arquitectura				
Nro	Descripción	Importancia de interferencia	Tipo de error	Responsable
230	Muro arquitectura con placa	Moderada	Modelado	Mariana
231	Placa con losa arquitectónica primer piso	Baja	Modelado	Mariana
232	Viga con muro arquitectónico	Alta	Modelado	Mariana
233	Placa con losa arquitectónica primer piso	Moderada	Modelado	Mariana
234	Viga con losa arquitectónica	Moderada	Modelado	Mariana
235	Placa con losa arquitectónica segundo piso	Moderada	Modelado	Mariana
236	Placa con losa arquitectónica primer piso	Moderada	Modelado	Mariana

REFERENCIAS

- Abraham, K., Lepech, M., & Haymaker, J. (2013). Selection and application of choosing by advantages on a corporate campus project. *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013, 1*(July), 345–354.
- Austin, S., Baldwin, A., Baizhan, L. I., & Waskett, P. (2000). Analytical design planning technique (ADePT): A dependency structure matrix tool to schedule the building design process. *Construction Management and Economics*, *18*(2), 173–182. <https://doi.org/10.1080/014461900370807>
- Azhar, S. (2017). Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges, 10 pp.
- Ballard, G., & Howell, G. (2003, July). An update on last planner. In *Proc., 11th Annual Conf., International Group for Lean Construction, Blacksburg, VA*.
- Badke-Schaub P, Neumann A, Lauche K (2011) An observation-based method for measuring the sharedness of mental models in teams. In *Coordination in Human and Primate Groups*, M Boos, M Kolbe, P M Kappeler, T Ellwart (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, 177-197. DOI: 10.1007/978-3-642-15355-6_10
- Casakin, H., y Badke-Schaub, P. (2015). Mental Models and Creativity in Engineering and Architectural Design Teams. *Design Computing and Cognition '14*, 155–171. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14956-1_9
- Centre for Construction IT VDC Workgroup. (2017). Singapore VDC Guide. In *Building and Construction Authority. Building Construction Authority*.
- Dave, B., Pikas, E., Kerosuo, H., & Mäki, T. (2015). ViBR – Conceptualising a Virtual Big Room through the Framework of People, Processes and Technology. *Procedia Economics and Finance*, *21*(15), 586–593. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00216-6](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00216-6)
- Daniel, E. I. (2017). *Exploratory study into the use of Last Planner® System and collaborative planning for construction process improvement* (Doctoral dissertation, Nottingham Trent University).
- DSM Organization. (2019). The Design Structure Matrix - DSM. Recuperado de

<https://dsmweb.org/>

- Edmondson, A. C., y Nembhard, I. M. (2009). Product development and learning in project teams: The challenges are the benefits. *Journal of Product Innovation Management*, 26(2), 123–138. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2009.00341.x>
- Garcia, A. C. B., Kunz, J., Ekstrom, M., & Kiviniemi, A. (2004). Building a project ontology with extreme collaboration and virtual design and construction. *Advanced Engineering Informatics*, 18(2), 71-83.
- Hamzeh, F. (2009). *Improving construction workflow-The role of production planning and control* (Doctoral dissertation, UC Berkeley).
- Hatala J. y Lutta J.G., Haythornthwaite, Managing information sharing within an organizational set-ting: a social network perspective, *Performance Improvement Quarterly*, Wiley InterScience 21(4) (2009) 5-33. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/piq.20036>
- Hattab, M. (2015). Using social network theory and simulation to compare traditional versus BIM– lean practice for design error management, 463 10. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.02.014>
- Jara, C., Alarcón, L. F., & Mourgues, C. (2009). Accelerating interactions in project design through extreme collaboration and commitment management–A case study. In *Proc., 17th Annual Conf. of the Int. Group for Lean Construction (IGLC-17)*.
- Johnson-Laird, P. N. (2010). Mental models and human reasoning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(43), 18243–18250. <https://doi.org/10.1073/pnas.1012933107>
- Knapp, S., Charron, R., & Howell, G. (2007). Phase planning today. *Revista ingeniería de construcción*, 22(3), 157-162. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732007000300002>
- Kunz, J., & Fischer, M. (2012). *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*. *CIFE Working Paper, 97(Version14)*, 50. Retrieved from <http://www.stanford.edu/group/CIFE/online.publications/WP097.pdf>
- Maheswari, J. U., & Varghese, K. (2005). Project Scheduling using Dependency Structure Matrix. *International Journal of Project Management*, 23(3), 223–230. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.10.001>

- Mohammed, S., Klimoski, R., y Rentsch, J. R. (2000). The Measurement of Team Mental Models: We Have No Shared Schema. *Organizational Research Methods*, 3(2), 123–165. <https://doi.org/10.1177/109442810032001>
- Murguia, D. (2017). Process Integration Framework for the Design Phase of a Residential Building, 463 pp. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.225>
- Seppälä, J., Basson, L., and Norris, G. A. (2001). Decision Analysis Frameworks for Life-Cycle Impact Assessment. *Journal of Industrial Ecology*, 5(4), 45-68.
- Seppänen, O., Ballard, G., & Pesonen, S. (2010). The Combination of Last Planner System and Location-Based Management System. *Lean construction journal*.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in construction*, 18(3), 357-375.
- Suhr, J. (1999). The Choosing By Advantages Decisionmaking System, *Quorum, Westport, CT*, pp. 293.
- Tenenbaum, G., & Eklund, R. (2020). *HANDBOOK OF SPORT PSYCHOLOGY* (4th ed., pp. 611-631): JOHN WILEY.
- Wojslaw, K. (2020). Everything about ICE meetings in VDC method - Part 1 – Bim Corner. Recuperado de <https://bimcorner.com/everything-about-ice-meetings-in-vdc-method-part-1/>