



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO DE APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN VIRTUAL EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EN
CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

JAVIERA ANDREA VIÑALES TRINCADO

PROFESOR GUÍA:
ALEJANDRO POLANCO CARRASCO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
RICARDO ROJAS PIZARRO
WILLIAM WRAGG LARCO

SANTIAGO DE CHILE
2022

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL
POR: JAVIERA ANDREA VIÑALES TRINCADO
FECHA: 2022
PROF. GUÍA: ALEJANDRO POLANCO CARRASCO

ESTUDIO DE APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN VIRTUAL EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EN CHILE

El sector de la construcción contribuye aproximadamente con un 7 % al Producto Interno Bruto (PIB) y concentra el 63 % de la inversión del país. Además, según un estudio de productividad en proyectos de minería, realizado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (2015), solo un 49 % del tiempo de trabajo total en la construcción equivale a tiempo de trabajo efectivo y el tiempo restante equivale a horas no productivas de apoyo, administración o de espera. Es en este contexto que la industria de la construcción necesariamente debe incorporarse también a la etapa “Industria 4.0” o “Transformación Digital” (TD), que implica la industrialización de los procesos constructivos y mejora de los procesos con los avances tecnológicos disponibles.

En Chile, gracias al programa corfo “Construye 2025”, creado para mejorar la productividad y cadena de valor del sector, entre otras iniciativas, impulsó la adopción de BIM, con el programa “Planbim”. Este ha sido un gran avance en la realización de proyectos públicos con BIM e incluso ya se cuenta desde el 2019 con un “Estándar BIM para Proyectos Públicos”. Si bien BIM ha sido un avance importante, existe desde el 2001 una metodología conocida como Diseño y Construcción Virtual (en inglés Virtual Design and Construction, VDC), que es mucho más avanzada en términos de gestión del proyecto y en sus resultados finales.

La metodología VDC se origina en la Universidad de Stanford, con el profesor Martin Fisher e integra 3 procesos que van alineados con los objetivos del cliente y del proyecto. Estos son: Building Information Modeling (BIM), Integrated Concurrent Engineering (ICE) y Project Production Management (PPM). Este trabajo de título tiene como objetivo dar a conocer la metodología VDC, mostrar aplicaciones exitosas a nivel mundial y Latinoamérica (se describen 10 proyectos), analizar la factibilidad de aplicar VDC en proyectos de infraestructura en Chile y desarrollar una propuesta de implementación de esta metodología.

Si bien la metodología VDC es poderosa y ha sido utilizada exitosamente en proyectos, como en la realización del complejo deportivo “La Videna” (2019) en Lima, esta es poco conocida en Chile y Latinoamérica. Se concluye en este trabajo que sería factible su uso en Chile en términos de tecnología y capacidades de las personas para aprender y utilizarlo. Sin embargo, sería un cambio lento, ya que, según los distintos profesionales entrevistados, 3 certificados en VDC, y 3 con cargos en empresas importantes (Planbim, Codelco Teniente, Metro) y según la mayoría de las personas encuestadas, la metodología es de poco conocimiento, hay falta de difusión y se necesita un cambio contractual para el cual no hay disposición todavía. De todas maneras, la creación de la Red VDC Chile el año 2020 es un primer paso.

*A mi madre y padre, familia y personas que quiero,
GRACIAS, GRACIAS, GRACIAS.*

Javiera Viñales Trincado

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi Profesor Guía Alejandro Polanco, por su incondicional apoyo durante el desarrollo de este trabajo de título y su infinita paciencia para que lograra este objetivo, espero seguir aprendiendo mucho de usted. También, al Profesor Ricardo Rojas por sus observaciones y apoyo, muchas gracias por ser parte de la comisión junto con el profesor William Wragg.

En segundo lugar, quisiera agradecer a mi mamá Viviana Trincado y a mi papá Jaime Viñales por cuidarme siempre, criarme con amor y buscar siempre lo mejor para mí y mis hermanas, les estoy eternamente agradecida. También gracias a mi Dani y Tere, son las mejores hermanas que el universo me podría haber dado, siempre estaré para ustedes.

No puedo olvidar a mis abuelitas Paty y Eli, mi Tata, mi tía Choly, tía Ibet y tía Teruca, mis primas Judith, Vale y Coni, gracias por siempre darme ánimo y creer en mí, las amo con todo mi corazón, y también a toda mi familia que me ha apoyado en este proceso.

De la misma manera, quisiera agradecer a mis amigas de Vallenar: Luli, Anto, Cata, Isa y Flo por estar siempre y que la amistad siga intacta. También a mis martilleras Feña, Pauli, Mariana, Chio, Negra y Conny, gracias por entenderme siempre y ser lo más entretenido de Santiago, las quiero mucho.

Por otro lado, no puedo dejar de agradecer a todas las personas que conocí en la universidad que fueron de gran ayuda y parte de mi vida durante estos años. En especial, gracias a Caro, Enzo, Manolo y Kay que conocí por el basket y fueron la mejor amistad y compañía que pude tener en la U. Gracias a mis amiguitas de civil Fani y Mijal, sin ustedes no habría sido lo mismo. Junto con ellos, me gustaría agradecer a mi equipo de basket de la facultad, sigan jugando y disfrutando mucho, les deseo lo mejor. Y por último, pero no menos importante, me gustaría agradecer a Ángel por ayudarme a pasar álgebra lineal en primer año y por haber sido mi apoyo, distracción, cariño y amor durante este último tiempo.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Contexto	1
1.2. Motivación	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Metodología	3
1.5. Resultados esperados	3
2. Marco conceptual	4
2.1. Historia y desarrollo de Virtual Design and Construction (VDC)	4
2.2. Descripción VDC	7
2.3. Procesos VDC	11
2.3.1. Metodología Integrated Concurrent Engineering (ICE)	11
2.3.2. Metodología Building Information Modeling (BIM)	19
2.3.3. Metodología Project Production Management (PPM)	25
3. Metodología	29
3.1. Revisión bibliográfica	30
3.2. Entrevista	31
3.3. Encuestas	32
3.4. Análisis de la información y diseño de propuesta	32
4. Desarrollo y resultado del estudio	33
4.1. Resultados de la revisión bibliográfica	33
4.1.1. Certificación VDC	33
4.1.1.1. Relación Universidad de Lima – Universidad de Stanford y CIFE	33
4.1.1.2. 4ta edición Programa Internacional VDC – Universidad de Lima	34
4.1.2. Aplicación de VDC en el mundo y Latinoamérica en proyectos	35
4.1.3. Red VDC	55
4.1.3.1. Red VDC Latinoamérica	55
4.1.3.2. Red VDC Chile	56
4.2. Resultados de las entrevistas	58
4.3. Resultados de las encuestas	59

5. Propuesta de plan de implementación de la metodología Diseño y Construcción Virtual (VDC)	66
6. Conclusiones	79
6.1. Nivel de desarrollo y uso	79
6.2. Conocimiento y opinión de comunidad profesional:	79
6.3. Plan de implementación:	80
6.4. Requisitos para implementación:	80
Bibliografía	83
Anexo A. Información sobre certificaciones VDC	85
Anexo B. Información sobre congresos VDC	88
Anexo C. Formato entrevista	89
C.1. Entrevista 1	89
C.1.1. CEO en Fourdplan y certificado en VDC	90
C.1.2. Administrador de obra en Ikonnex Grupo Inmobiliario y certificado en VDC	91
C.1.3. Director de Ingeniería Civil en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Andrés Bello y certificado en VDC	92
C.2. Entrevista 2	93
C.2.1. Gerente de Proyectos de la división El Teniente, CODELCO	95
C.2.2. Coordinadora Planbim CORFO	96
C.2.3. Jefe de Proyecto de Ingeniería en Hatch	97
Anexo D. Formato encuesta	98

Índice de Tablas

2.1.	Comparación sesiones ICE vc Reuniones tradicionales. Fuente: ICE overview. .	12
2.2.	Factores Controlables de ICE en VDC. Fuente: Elaboración propia.	18
2.3.	Factores controlablesdel BIM en VDC	23
2.4.	Evaluación de BIM en distintas etapas del proyecto. Fuente: Elaboración propia.	24
4.1.	Resumen resultado entrevistas. Fuente: Elaboración propia	58

Índice de Ilustraciones

2.1.	Diagrama de proceso de Lean y Construcción virtual. Fuente: Curso VDC, Universidad de Stanford 2019.	5
2.2.	Marco VDC. Fuente: Elaboración propia.	7
2.3.	Modelo POP CIFE. Fuente: “Integrating Project Delivery”, por Fisher, W. Ashcraft, Reed, Khanzode (2017, p.78).	9
2.4.	Actividades previas a sesión ICE. Fuente: Elaboración propia.	14
2.5.	Ejemplo pre-plan de sesión ICE. Fuente: ICE overview.	15
2.6.	Actividades durante sesión ICE. Fuente: Elaboración propia.	16
2.7.	Actividades después de sesión ICE. Fuente: Elaboración propia.	17
2.8.	Big Room para sesión ICE. Fuente: I CONGRESO INTERNACIONAL VDC, 2020.	17
2.9.	Funciones de BIM en VDC. Fuente: Elaboración propia.	20
2.10.	Gestión de Proyectos tradicional vs Gestión de la Producción de Proyectos. Fuente: I Congreso Internacional VDC.	26
3.1.	Objetivos de Revisión bibliográfica. Fuente: Elaboración propia	30
3.2.	Directrices entrevista 1. Fuente: Elaboración propia	31
3.3.	Directrices entrevista 2. Fuente: Elaboración propia	31
3.4.	Directrices encuesta. Fuente: Elaboración propia	32
3.5.	Metodología de trabajo. Fuente: Elaboración propia	32
4.1.	: Complejo deportivo La VIDENA. Fuente: Presentación COSAPI, I Congreso Internacional VDC.	35
4.2.	Trazo general. Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC	37
4.3.	Estrategia de implementación. Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.	38
4.4.	Resumen de implementación VDC. Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.	39
4.5.	Conexión entre factores controlables y métricas. Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.	39
4.6.	Descripción de indicadores de ICE. Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.	40
4.7.	Descripción de indicadores de BIM. Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.	40
4.8.	Descripción de indicadores de PPM. Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.	41
4.9.	Proceso final basado en VDC. Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.	41

4.10.	Resumen VDC. Fuente: Presentación Norwegian University of Science and Technology, II Congreso Internacional VDC.	42
4.11.	Factores controlables ICE. Fuente: Presentación Norwegian University of Science and Technology, II Congreso Internacional VDC.	42
4.12.	Factores controlables BIM. Fuente: Presentación Norwegian University of Science and Technology, II Congreso Internacional VDC.	43
4.13.	Integración temprana. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.	44
4.14.	Comparación metodología tradicional y VDC. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.	45
4.15.	Marco VDC para modernización del Puerto Salaverry. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.	46
4.16.	Marco VDC para proyecto Quellaveco. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.	47
4.17.	Flujo VDC para proyecto Quellaveco. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.	48
4.18.	Marco VDC para proyecto Puerto Kutuctay. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.	49
4.19.	Flujo tradicional y VDC para proyecto Puerto Kutuctay. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.	50
4.20.	Marco VDC para proyecto Puente Atirantado Tingo María. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.	51
4.21.	Flujo tradicional y VDC para proyecto Puente Atirantado Tingo María. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.	51
4.22.	Marco VDC para proyecto Eib Lux, Luxemburgo. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.	52
4.23.	Marco VDC para proyecto Soterrado línea de alta tensión. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.	53
4.24.	Coordinación de modelo y lo que se realiza in situ. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.	54
4.25.	PPM del proyecto soterrado de alta tensión Peldehue. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.	54
4.26.	Logo Red VDC Latinoamérica. Fuente: Red VDC Latinoamérica.	55
4.27.	Ejes de trabajo, Red VDC Chile. Fuente: Adaptado de “Lanzamiento Red VDC Latinoamérica.	56
4.28.	Contenido Programa Internacional VDC 2021-2022. Fuente: II Congreso internacional VDC.	57
4.29.	Profesión de encuestados. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	59
4.30.	Años de experiencia profesional de los encuestados. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	59
4.31.	Tipo de proyecto en que encuestado se considera con mayor experiencia. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	60
4.32.	Nivel de conocimiento que encuestado tiene sobre BIM. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	60
4.33.	Nivel de conocimiento que encuestado tiene sobre ICE. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	61

4.34.	Nivel de conocimiento que encuestado tiene sobre PPM. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	61
4.35.	Nivel de conocimiento que encuestado tiene sobre VDC. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	62
4.36.	Aplicabilidad de VDC según tipo de proyecto según encuestados. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	62
4.37.	Utilización de VDC en Chile, pero utilizado con otro nombre. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	63
4.38.	Factibilidad para juntar personas para certificación en VDC. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	63
4.39.	Percepción encuestados sobre barreras de implementación. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	64
4.40.	Percepción sobre implementación de VDC en Chile. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	64
4.41.	Percepción encuestados acerca si es beneficioso implementar VDC en proyectos en Chile. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	65
4.42.	Percepción encuestados acerca si es beneficioso implementar en proyectos públicos o privados. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	65
5.1.	Propuesta sistema implementación VDC en proyectos en Chile. Fuente: Elaboración propia.	66
5.2.	Evaluación situacional y diagnóstico. Fuente: Elaboración propia.	67
5.3.	Principios de contratos colaborativos. Fuente: Conferencia: Dirección de proyectos aplicando PMO, contratos NEC y BIM/VDC.	68
5.4.	Características contratos NEC. Fuente: Conferencia: Dirección de proyectos aplicando PMO, contratos NEC y BIM/VDC.	68
5.5.	Actores contratos NEC. Fuente: Conferencia: Dirección de proyectos aplicando PMO, contratos NEC y BIM/VDC.	69
5.6.	Compromiso gerencia de la empresa. Fuente: Elaboración propia.	70
5.7.	Acondicionamiento de infraestructura y recursos. Fuente: Elaboración propia.	71
5.8.	Ejemplos software BIM. Fuente: Costos Educa, 2018.	72
5.9.	Ejemplos software BIM con su uso y disciplina. Fuente: Costos Educa, 2018.	72
5.10.	Objetivos del cliente. Fuente: Elaboración propia.	73
5.11.	Objetivos del proyecto. Fuente: Elaboración propia.	73
5.12.	Colaboración e integración. Fuente: Elaboración propia.	74
5.13.	Planificación de actividades. Fuente: Elaboración propia.	75
5.14.	Ejemplo planificación. Fuente: Modificado Costos Educa, 2018.	76
5.15.	Análisis. Fuente: Elaboración propia.	78
6.1.	Fases del proyecto formato tradicional. Fuente: Elaboración propia.	81
6.2.	Fases del proyecto formato VDC. Fuente: Elaboración propia.	82
A.1.	Información de University of Applied Science and Arts Northwestern Switzerland. Fuente: II Congreso Internacional VDC 2021	86
A.2.	Información de certificados entre el año 2009 y 2020. Fuente: II Congreso Internacional VDC 2021.	87
D.1.	Formato encuesta 1. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	98
D.2.	Formato encuesta 2. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	99
D.3.	Formato encuesta 3. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	100
D.4.	Formato encuesta 4. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	100

D.5.	Formato encuesta 5. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms. . .	101
D.6.	Infografía de formato encuesta. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.	102
D.7.	Formato encuesta 6. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms. . .	103
D.8.	Formato encuesta 7. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms. . .	104
D.9.	Formato encuesta 8. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms. . .	105
D.10.	Formato encuesta 9. Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms. . .	106

Capítulo 1

Introducción

1.1. Contexto

La metodología Diseño y Construcción Virtual (en inglés Virtual Design and Construction, VDC) nace como concepto en el año 2001 en CIFE – Center for Integrated Facility Engineering at Stanford University of California, por el profesor Martin Fisher. La definición que se le otorga según los desarrolladores iniciales de la metodología corresponde a la gestión de modelos integrados de desempeño multidisciplinario de proyectos de diseño-construcción, incluido el producto (es decir, las instalaciones), los procesos de trabajo y la organización del equipo de diseño - construcción - operación con el fin de respaldar explícitamente objetivos comerciales públicos. (Martin Fisher y John Kunz (2004)).

La estructura que conforma esta metodología, que se puede utilizar en el desarrollo completo de un proyecto de ingeniería y construcción, consiste en la integración de 3 metodologías, tales como, BIM (Building Information Modeling), ICE (Integrated Concurrent Engineering) y PPM (Project Production Management). Esto, enfocado desde un principio en los objetivos medibles que tiene el proyecto y los clientes.

Esta metodología se ha implementado principalmente en Estados Unidos, Escandinavia (Suecia y Noruega) y países como Suiza y Perú, siendo este último uno de los pioneros en Latinoamérica y realizando certificación de diploma en VDC a empresas en conjunto con la Universidad de Stanford.

Los beneficios que se puede observar con la correcta implementación de la metodología VDC son varios, algunos ejemplos son:

- Aumento de productividad en fase de pre-diseño, diseño y construcción.
- Ahorro de tiempo en proyectos.
- Ahorro de costos.
- Participación más activa y temprana de los distintos actores del proyecto.
- Mayor velocidad en el intercambio de información entre las partes involucradas.
- Optimización en distintas partes del proyecto.

A pesar de estos beneficios, en Chile, la implementación del VDC no se ha incluido tan rápidamente en las empresas de diseño y construcción como lo ha hecho la metodología BIM por sí sola o incluyendo las dimensiones 4D y 5D.

1.2. Motivación

El sector de la construcción aporta alrededor del 7% del PIB, por lo que su crecimiento y productividad son temas importantes a nivel nacional. El contexto en el que se está, es una baja productividad, con muy pocas mejoras en el último tiempo, donde las principales asociaciones gremiales y profesionales han creado programas como Plan Bim, Construye 2025, Dom en línea y el Consejo de Construcción Industrializada, entre otros.

En este entorno, se presenta una forma de gestión colaborativa en proyectos que sirve como una herramienta importante para la mejora y el desarrollo de la productividad en la industria de la construcción.

Esta metodología corresponde a Virtual Design and Construction y puede impactar positivamente en el escenario actual, ya que los beneficios que tiene pueden ayudar a la industria. Sin embargo, existe una reticencia a ser pioneros en esta nueva herramienta y muchas veces se prefiere ver la experiencia y resultados de otras empresas para luego implementar nuevas tecnologías e innovaciones en los procesos a los que ya se estaba acostumbrado.

Dada esta situación, se realiza la presente memoria para mostrar distintas experiencias de proyectos realizados con la metodología VDC en distintas partes del mundo y principalmente Latinoamérica, mostrando los resultados obtenidos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

El objetivo de este trabajo de título es estudiar y analizar la aplicabilidad de la metodología Diseño y Construcción Virtual en proyectos de infraestructura en Chile.

1.3.2. Objetivos específicos

a) Conocer y entender la metodología VDC y cada una de las metodologías que están integradas en ella.

b) Estudiar el uso de la metodología VDC en proyecto de infraestructura en el extranjero y en Chile.

c) Realizar análisis de factibilidad de aplicación de la metodología VDC en proyectos de infraestructura en Chile.

d) Proponer una estrategia de implementación de metodología VDC con recomendaciones en proyectos de infraestructura en Chile.

1.4. Metodología

Es importante tener una metodología que se defina y se lleve a cabo durante la presente memoria, esto para completar los objetivos planteados y obtener resultados que permitan generar distintos análisis y conclusiones.

En primer lugar, se realizará una revisión bibliográfica para la recopilación de información de libros, publicaciones de autores, congresos y apuntes de clases del curso Dirección de Proyectos (CI5511) de la carrera Ingeniería Civil de la facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, sobre la metodología Diseño y Construcción Virtual (VDC). Junto con esto, se investigará el uso de VDC en el extranjero y en Chile.

Al mismo tiempo, se realizará dos tipos de entrevistas:

- Entrevista 1: Dirigida a profesionales certificados en VDC y que tengan experiencia en el uso de la metodología en Chile. Además, que sepan sobre la Red VDC.
- Entrevista 2: Dirigida a profesionales a cargo de proyectos, pero que no necesariamente conocen VDC. El propósito es ver si hay conocimiento acerca del tema y si hay interés en implementarlo en proyectos.

Además, se realizará encuesta a distintos profesionales de la ingeniería y construcción acerca de su conocimiento y experiencia con la metodología VDC en proyectos en Chile.

Luego, se realizará un estudio de aplicación de un proyecto donde se ha utilizado la metodología VDC para observar las ventajas y desventajas que tiene su implementación y el impacto en las distintas áreas donde se aplica, para ver la potencialidad de su uso en proyectos de infraestructura en Chile. Con la información recopilada se analizarán los datos y resultado obtenido en el estudio de aplicación de un proyecto y se realizará un diseño de aplicación de un sistema de implementación de metodología VDC en proyectos de infraestructura en Chile.

1.5. Resultados esperados

a) Conocimiento de la metodología VDC y cada una de las metodologías que están integradas en ella.

b) Identificación del uso de la metodología VDC en proyectos de infraestructura en el extranjero y en Chile.

c) Resultados de análisis de factibilidad de aplicación de la metodología VDC en proyectos de infraestructura en Chile.

d) Propuesta de un sistema de implementación de metodología VDC con recomendaciones en proyectos de infraestructura en Chile.

Capítulo 2

Marco conceptual

2.1. Historia y desarrollo de Virtual Design and Construction (VDC)

La idea de optimizar el proceso del diseño y la construcción, y donde nació el concepto VDC fue cuando luego de algunas experiencias que relata Martin Fisher, uno de los creadores de la metodología, se da cuenta que el mundo de la industria de la construcción debe avanzar y cambiar. Una de las situaciones que lo llevó a reflexionar sobre esto fue cuando trabajó en el rediseño del puente Jamestown Verrazano en Rhode Island, EE. UU., donde realizó la entrega final del diseño sin incluir los aspectos constructivos de la obra, por lo que la empresa subcontratista, que en este caso era la compañía VSL, tuvo que asumir los costos asociados a equipos, andamios y diferentes acciones no consideradas. Luego de esto, pensó en por qué no se anticipó a las actividades en la etapa de diseño y también por qué después del rediseño y que el puente estuviera terminado, recién se coordinan las etapas de diseño-construcción. Otra situación que notó fue que el cliente no aparecía regularmente en la oficina y no era parte activa del proceso, lo que significa que hay mucha información dispersa que no dejaba claro el objetivo del proyecto ni de los clientes. Al darse cuenta de que estas situaciones son problemas que se repiten una y otra vez, pensó que en el futuro de la industria de la construcción no deberían seguir ocurriendo y que se necesita una forma interdisciplinaria para trabajar, donde haya un buen manejo de la información.

El concepto VDC se siguió construyendo luego de que, en un proyecto en Barcelona, España, para los Juegos Olímpicos de 1992 denominado escultura de Pez Dorado, diseñado por Frank Gehry, se utilizara por primera vez que la información llegara directo al sitio de la obra utilizando BIM y no papel. En otro proyecto, en 1993, se construyó el primer modelo 3D y 4D para el centro de salud del Condado de San Mateo EE.UU., lo cual fue logrado por el equipo del CIFE de la Universidad de Stanford liderado por Martin Fisher. El proyecto trataba de una renovación completa del hospital general del Condado de San Mateo, donde el modelo 4D que se utilizó ayudó mucho al equipo de diseño, ya que como fue manejado como una imagen instantánea, hizo que la comunicación con el propietario fuera más fácil. Debido a todas estas experiencias, Fisher fue reflexionando y buscando pasos y procesos para aplicar en el futuro de la industria de la construcción.

Luego de que se fueran conociendo estas prácticas, la empresa DPR pudo reconocer que con trabajo en equipo se logran resultados más eficientes, por lo que definieron como “Big

Room” un espacio colaborativo en que participan las diferentes disciplinas que integran y actúan en un proyecto y donde se fomenta la búsqueda de soluciones a través de verificar, comprobar, corregir o cambiar lo que no funciona de manera correcta. Esto fue aplicado por primera vez en el proyecto “Camino Medical Office” en el año 2004 donde a pedido del propietario, la empresa DPR Construction solamente trabajaría en 4D y usando este nuevo enfoque en el edificio en construcción. Esto debido a que es más sencillo resolver los problemas que surgen de forma digital que cuando ya está en ejecución.

Esta nueva forma de trabajar marcó nuevos objetivos en ámbitos de plazos, costos y ahorros en los proyectos. Pero hay que indicar que esto no se puede realizar si no están las personas adecuadas colaborando de manera correcta entre ellas. Además, es necesario realizar un análisis de valor para poder obtener la mejor solución del diseño, que haya integración en los sistemas (BIM), ver la posibilidad de prefabricación y un flujo de trabajo confiable. Esto se puede observar en el siguiente diagrama de proceso que la empresa DPR Construction crea de Construcción virtual y Lean.



Figura 2.1: Diagrama de proceso de Lean y Construcción virtual.
 Fuente: Curso VDC, Universidad de Stanford 2019.

El edificio Camino Medical Office, donde se utilizó esta forma de trabajar, logró buenos resultados, ya que se entregó seis meses antes del tiempo solicitado y con un 9% menos de costo. Es por todo esto que Martin Fisher y el equipo conformado en el CIFE decidieron pensar un esquema de trabajo que actualmente corresponde a Virtual Design and Construction.

Para entender cómo se llegó al concepto de VDC, se tiene como punto de inicio el proyecto realizado por el Profesor Levitt (1996) llamado “Virtual Design Team” (VDT), que corresponde a un modelo organizacional que entrega ciertas características teóricas y prácticas que inspiraron el desarrollo de VDC. En primer lugar, se debe mencionar que VDT es un modelo informático genérico de equipos de diseño, el cual creó y analizó un modelo de organizaciones configurando explícitamente cuales son los equipos de trabajo que se necesitan y los individuos de cada uno, en relación con las especialidades que tienen. Por lo tanto, se

puede extraer del VDT la importancia de la organización en un proyecto, y eso se puede ver en los lineamientos del VDC, ya que en un principio se percibió a las organizaciones como sistemas de partes interactivas e interdependientes (Thompson, 1967), pero que luego con el VDC se entiende que debe ser un sistema integrado que modele el diseño e interacción de productos, procesos, organizaciones y desempeño, lo que lleva a la práctica el método ICE.

Otro punto en que se inspiró VDC con respecto a las características de Virtual Design Team, es el uso de métricas. En VDT se establecen objetivos claros, que quiere decir, cero incidentes, junto con el seguimiento e intercambio público del desempeño real, lo cual ayuda a tener en vista el rendimiento que se tiene en un proyecto, que es un aspecto importante en el rubro de la construcción. En el marco VDC, se incluyen las métricas para obtener el rendimiento real en las áreas claves identificadas y en la gestión de proyectos para compararlas con los valores objetivos. Para llevar a cabo de forma clara este seguimiento, se adopta un elemento que se utiliza en el VDT, que es el uso de plantillas para describir las tareas y la duración de ellas, además de la responsabilidad y la interdependencia de la coordinación de los equipos de trabajo.

El siguiente punto por mencionar, es que al igual que en VDT, en VDC se tiene como concepto principal la palabra Virtual, ya que todo se enmarca en el trabajo desde la tecnología, donde los modelos de los proyectos se vuelven más flexibles, visuales e interactivos a diferencia de cuando se usa papel. En resumen, los modelos virtuales de los proyectos de VDC tienen incidencia en todos los aspectos que puedan diseñarse y administrarse, esto quiere decir, el producto, la organización que lo definirá, diseñará, construirá y operará, y el proceso que la organización seguirá, que en este caso son los equipos de acción.

Con estos antecedentes, se formula la estructura de Virtual Design and Construction con la que se espera que las empresas trabajen y que a continuación se mostrará.

2.2. Descripción VDC

Diseño y Construcción Virtual, que en inglés corresponde a Virtual Design and Construction y sus siglas son VDC (en adelante se utilizará VDC), es el uso de modelos de desempeño multidisciplinarios integrados de proyectos de diseño y construcción en el que están integradas 3 metodologías principales. Building Information Modeling (BIM), Integrated Concurrent Engineering (ICE) y Project Production Management (PPM).

A continuación, se muestra un esquema general del marco VDC, que permite visualizar lo que se explicará a continuación:

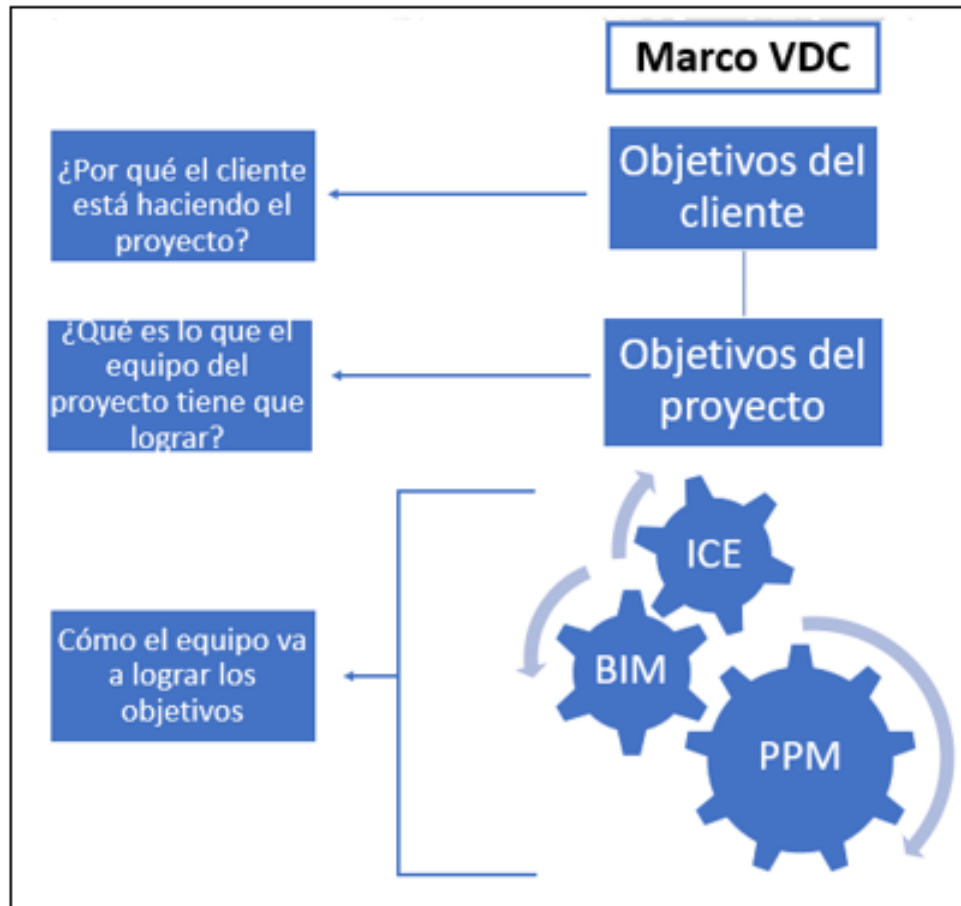


Figura 2.2: Marco VDC.
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la estructura o marco de trabajo de VDC, esta se puede utilizar para la configuración de todo el ciclo de vida del proyecto, o en alguna etapa en específico, ya sea (pre-diseño, diseño, ejecución, mantenimiento) y tiene como principal enfoque saber con claridad los objetivos del cliente, donde se debe responder la pregunta: ¿Por qué el cliente está haciendo el proyecto?, y los objetivos del proyecto, donde se debe responder la pregunta: ¿Qué es lo que el equipo del proyecto tiene que lograr? Estos objetivos hay que definirlos y deben ser medibles, ya que así se tiene un punto de partida para comenzar la planificación, diseño y gestión de cada uno de los procesos del proyecto.

Con respecto a los objetivos del cliente y los alcances, se busca en general:

- a) Un buen producto, que sea aceptado por el mercado o la “demanda potencial” para que la velocidad de ventas sea la adecuada para obtener un proyecto rentable.
- b) Que los costos sean los adecuados para obtener una rentabilidad aceptable.
- c) Que este bien construido para minimizar los trabajos post venta.
- d) Mantener la calidad del producto, para ello es importante los alcances de calidad que se desea.

Se puede dar que los objetivos del cliente sean igual a los objetivos del proyecto, pero no siempre es así. Por lo general, el proyecto tiene sus propios alcances y objetivos y hasta puede haber interferencia con los del cliente, es por eso la importancia de entender todo desde un principio y poder compatibilizarlo y obtener los resultados esperados mediante una relación de armonía. De los principales objetivos del proyecto, se desea:

- a) Lograr cumplir con el plazo contractual.
- b) Trabajar dentro del presupuesto de obra.
- c) Construir la obra bajo los niveles de calidad especificados en el contrato.
- d) Obtener un margen de obra.

En el fondo, construir la obra de una forma que satisfaga los intereses de la compañía, lo que se denomina constructabilidad.

Teniendo esto en cuenta, la siguiente pregunta a responder es: ¿Cómo el equipo del proyecto va a lograr los objetivos?

En primer lugar, se debe definir y reunir a los equipos que serán necesarios en las distintas actividades que se lleven a cabo. Se utiliza una metodología explícita para la congregación de todos los actores que corresponde a las sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering), donde se esclarece la participación de los equipos que se generan. Esto se resuelve respondiendo la pregunta: ¿Quiénes deberían trabajar juntos?

Luego, con la colaboración que se genera de las sesiones ICE, se arma el diseño del producto donde se debe modelar toda la información para el proyecto. Para este paso, se debe responder a la pregunta: ¿Qué herramientas se deberían usar? En el marco VDC, se utiliza BIM (Building Information Modeling), ya que es una metodología que contiene la fuente de datos de los elementos físicos, que permite visualizar y simular con ellos mediante distintos softwares, según los que se elija para trabajar.

Junto con las metodologías anteriores, se necesita generar procesos de los flujos de datos que existen en un proyecto, y la pregunta que se debe responder en este caso, luego de saber

cuáles herramientas se utilizarán en el proceso, es: ¿Cómo deberían trabajar?, y la forma que se utiliza en VDC para responder esto es con la metodología PPM (Project Production Management).

Para poder cumplir con el marco VDC, una ayuda es trabajar el proyecto mediante tres enfoques principales que son el producto, la organización y los procesos de trabajo. Esto quiere decir que el diseño de una infraestructura (producto), depende de las organizaciones y los procesos que la crean, estas se llaman manivelas, que son lo que pueden modificar los resultados de un proyecto, y con estas se puede crear la Matriz POP.

Definición según VDC Dictionary

Matriz POP, Matriz Producto - Organización - Proceso: consiste en una perspectiva integrada de los modelos VDC, representando las funciones, las formas y los comportamientos integrados de cada uno.

Ref.: Kunz, J., Fischer, M. (2012). Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. CIFE Working Paper 097.

CIFE ha creado la matriz Producto-Organización-Procesos (POP), que corresponde a una matriz 3x3 donde en el eje vertical se formulan 3 preguntas de diseño que son: función, estructura o forma y comportamiento y en el eje horizontal se colocan las 3 manivelas (producto-organización-procesos).

A continuación, se muestra el modelo POP de CIFE:

	Product	Organization	Process
Function	What is the purpose/use?		
Structure/Form	What is the structure/form?		
Behavior	What does this look like? How is it put together?		
	How will it/we perform?		

Figura 2.3: Modelo POP CIFE.

Fuente: “Integrating Project Delivery”, por Fisher, W. Ashcraft, Reed, Khanzode (2017, p.78).

El marco POP tiene que considerar de manera integral y específica las variables independientes para la creación de una infraestructura, estos deben ser determinados por el equipo del proyecto. Si se piensa cuáles aspectos en un proyecto de construcción pueden ser controlados por el equipo se identifican 3 categorías: Producto, Organización y Procesos (POP). Esto quiere decir que, en el caso del Producto, el equipo puede decidir acerca del diseño, la forma y la composición de la infraestructura en sí. Con respecto a la Organización, el equipo debe decidir quién, cómo y cuándo se involucra en el proyecto. Y finalmente, sobre los Procesos, se debe decidir cuándo, qué y en el orden de las cosas que harán los actores del proyecto.

La significancia que tiene el marco POP es que es una representación detallada de la infraestructura y las partes interesadas a lo largo del tiempo. No solo se preocupa del diseño del producto, sino que se pone atención al diseño del producto más organización y procesos como un todo.

Otra función del marco es vincular el propósito de la infraestructura con las decisiones de diseño del Producto-Organización-Procesos y el desempeño esperado y observado.

Finalmente, la relación que se establece entre la matriz POP y el VDC es la ayuda en la gestión del proyecto. Esto porque se toman decisiones para alcanzar los objetivos a raíz de lo que se puede controlar, que en este caso es:

- **Gestión del producto:** donde están involucrados los objetivos del cliente y proyecto, más Building Information Modeling (BIM). Se establecen factores controlables y se revisan métricas BIM para llevar un seguimiento del rendimiento del proyecto.
- **Gestión de la Organización:** donde se involucra la Ingeniería Concurrente Integrada (ICE). Se establecen factores controlables y se revisan métricas ICE para medir el desempeño.
- **Gestión de los procesos:** donde se involucra Project Production Management (PPM). Se establecen factores controlables y se revisan métricas PPM para controlar el desempeño del sistema de producción del proyecto.

Finalmente, VDC define su performance mediante factores controlables y métricas de rendimiento o desempeño cuantitativas. Estos factores controlables se deben identificar, ya que, a partir de estos, hay decisiones que pueden ir cambiando que pueden mejorar el rendimiento del proyecto o también empeorarlo. Con respecto a las métricas de rendimiento, estas se establecen para tener un manejo de los factores controlables y poder medir el desempeño y tomar decisiones.

Definiciones según VDC Dictionary

Factor controlable: es una condición que realmente puede ser controlada por un diseñador o gerente, tal como la decisión del diseño de un cierto producto, la decisión del equipo y personal a contratar, y la decisión de un determinado proceso de trabajo. Los factores controlables afectan las métricas de producción y los resultados del proyecto.

Ref.: Kunz, J., Fischer, M. (2012). Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. CIFE Working Paper 097.

Métrica de rendimiento: es un aspecto del rendimiento del proyecto que puede ser frecuentemente medido (horario, diario, semanal o bimensualmente) y utilizado para evaluar cómo las decisiones administrativas pasadas han aportado en dirección a los objetivos y resultados finales del proyecto.

Ref.: Kunz, J., Fischer, M. (2012). Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. CIFE Working Paper 097.

2.3. Procesos VDC

2.3.1. Metodología Integrated Concurrent Engineering (ICE)

La metodología ICE, que sus siglas en inglés significan Integrated Concurrent Engineering, y que en español se traduce como Ingeniería Concurrente Integrada, es una estrategia utilizada en VDC para definir, mediante sus sesiones, el modelo de organización que se utilizará.

Definiciones según VDC Dictionary

Ingeniería Concurrente Integrado (ICE): “Una forma de organizar un equipo de diseño que permita a stakeholders de diversas disciplinas participar concurrentemente para el rápido desarrollo de diseños integrales.”

Ref.: Kunz, J., Fischer, M. (2012). Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. CIFE Working Paper 097.

Sesiones ICE: “Sesiones ICE consisten en el desarrollo simultáneo de tareas interdependientes bajo una informal, pero altamente concentrada coordinación concurrente.”

Ref.: Chachere, J., Kunz, J., Levitt, R. (2004). Observation, Theory, and Simulation of Integrated Concurrent Engineering: Grounded Theoretical Factors that Enable Radical Project Acceleration. CIFE, WP 087.

ICE está inspirada en el ambiente de “colaboración extrema” desarrollado por el Jet Propulsion Laboratory de la NASA, el cual es un método social de interacción para desarrollar y evaluar diseños de concepto de misión espacial. Esta forma de trabajar, donde se utiliza una sala en la que están todos los actores involucrados, reducen los tiempos que normalmente se utilizan para todos los procesos que se llevan a cabo en un proyecto, ya que es una manera evolucionada de cómo tratar la información disponible, que es con convergencia, simultaneidad y concurrencia.

Las prácticas tradicionales que se usan en la ingeniería colaborativa amortiguan el trabajo que se realiza en diseño entre los actores y se generan retrasos en el proceso. En cambio, con ICE se proporcionan varios flujos de información que reducen la latencia, se entrega la información con alta confiabilidad y calidad, y hay un mayor nivel de integración, ya que los canales de comunicación son más directos.

- Latencia de respuesta: Tiempo desde que un diseñador plantea una pregunta hasta que recibe una respuesta útil.

- Latencia de decisión: Tiempo desde que se recibe información útil hasta que se toma una decisión con ella.

A continuación, se presenta una tabla donde se ven algunas diferencias entre las sesiones ICE y las reuniones tradicionales:

Tabla 2.1: Comparación sesiones ICE vc Reuniones tradicionales.
Fuente: ICE overview.

Asunto	ICE	Reuniones tradicionales
Problema de resultado en cuestión	Resolución	Seguimiento de estado
Gestión de agenda	Enfocado en una agenda clara y compartido	Tangentes, búsqueda de agendas personales
Descripción del problema y contexto	Compartido y claro	Percepciones individuales
Número de opciones consideradas	Múltiple; considerar qué pasaría si	Enfocado en la agenda de un individuo
Tecnologías de apoyo	Análisis y modelos visuales interactivos	Papel y apelación a la comprensión de los demás.

¿Por qué realizar una sesión ICE?

- Para hacer la definición del proyecto de forma rápida y creíble:
 - Definir objetivos funcionales, alcance, comportamientos del Proyecto, es decir, definir el modelo Producto-Organización-Proceso.
- Identificar claramente las tareas y entregables:
 - Enfoque: elemento del producto y sistema(s) servido(s)
 - Quién: grupo responsable, individuos
 - Qué: tareas a realizar
 - Cuándo: de acuerdo con un cronograma ampliamente revisado y aceptado
 - Cómo: métodos y recursos que utilizarán los equipos responsables para coordinar, realizar y verificar el trabajo
 - Contexto:
 - riesgos e incertidumbres a abordar en base a una amplia revisión del proyecto
 - tareas de coordinación para asegurar el éxito dados los riesgos

En estas sesiones se busca compartir información y resolver problemas de manera eficaz y directa con el desarrollo simultáneo de tareas interdependientes por parte de los involucrados bajo una concentrada coordinación, ya que para tomar decisiones importantes se debe hacer en función de la información aportada por cada una de las personas que se ven afectadas, incluyendo proveedores y subcontrato.

Es por esto que ICE tiene un enfoque “just in time” (justo a tiempo), donde se mejora la probabilidad de que los arquitectos, ingenieros y trabajadores que estén participando, tengan la información a tiempo para tomar las decisiones tan pronto como las necesiten implementar, lo que permite un avance con un ritmo sincronizado.

Para planificar un conjunto de sesiones ICE

- Habilitar el uso efectivo de los métodos ICE
 - Desarrollo profesional de los miembros potenciales del equipo: crear cultura, métodos, incentivos.
 - Implementar herramientas habilitadoras: aplicaciones de modelado y análisis P, O, P, tecnología de visualización, base de datos compartida.
- Planificar cada conjunto de sesiones ICE, identificar:
 - Objetivos y entregables previstos: modelos, análisis, informes, recomendaciones.
 - Número de sesiones y horario del calendario
 - Participantes previstos, tareas para cada sesión
 - Presupuestos de tiempo y esfuerzo para el uso de sesiones ICE
 - Métricas y métodos de rendimiento del proceso: calidad medida y evaluada, cronograma, costo

Una sesión típica de ICE, se puede llevar de forma ordenada para ver la coordinación de las tareas que se llevan a cabo y esto es realizarlo con el ciclo PDCA, que es planificar, hacer, verificar y actuar, para así tener consistencia en las prácticas que se realicen y entregar expectativas claras a las personas que participan de las sesiones.

- Plan: especificar la intención del proyecto o las metas y objetivos funcionales
- Hacer: modelo de diseño del proyecto con respecto a objetivos
- Comprobar: verificar el contenido del modelo con respecto a la especificación
- Actuar: predecir y evaluar el rendimiento del proyecto

Como ejemplo, se puede dar los siguientes tipos de sesiones, según las etapas del proyecto:

- Sesión etapa anteproyecto: Si se piensa en el anteproyecto, se busca sesiones que definan las principales características del proyecto que se realizará. En estas primeras sesiones es importante la participación del cliente o dueño del proyecto con el proyectista, para poder establecer todos los puntos y consideraciones, y que estos estén claros. Se debe considerar todos los aspectos de diseño para que el cliente decida desde un principio todas las definiciones y que sea un trabajo fluido que no se detenga después.
- Sesión etapa proyecto: Para la etapa de proyecto se necesita contar con la presencia de Arquitecto, Ingeniero Estructural, Ingenieros Sanitarios y Eléctricos, el responsable de la construcción y el cliente o dueño del proyecto, para ver todas las definiciones. Estos participantes podrán aportar experiencia de distintas obras anteriores, lo que puede ayudar a conseguir un proyecto de mejor calidad, no solo en el diseño, sino también en lo construible, ya que se puede hacer de una manera más eficiente.

- Sesión etapa construcción: Para la etapa de construcción, las sesiones deben ver la programación semanal de la obra, esto se puede realizar con la ayuda de distintas metodologías, por ejemplo, con Last Planner o Look ahead. Con estas sesiones se puede estudiar la predictibilidad de la programación y se realiza seguimiento de las tareas a realizar. Para esto se debe estudiar todos los recursos que se utilizarán y con esto se levantan distintas restricciones que permiten pasar las tareas a la programación semanal.

Para cada sesión se realizan distintas actividades previas que se muestran en la siguiente figura:



Figura 2.4: Actividades previas a sesión ICE.

Fuente: Elaboración propia.

Lo primero es definir el propósito y que esta información la tengan todos los participantes de la sesión, ya que involucra a las personas en un mismo objetivo. Luego, definir los resultados esperados y cómo conseguirlos, en este caso es bueno tener una buena comunicación para encontrar oportunidades y posibilidades. Se debe definir un líder, el cual dirige la sesión, al cual lo acompaña una persona que le brinda apoyo que se le denomina facilitador. El siguiente paso, es definir los participantes según el propósito que tendrá la sesión, con esto, se debe definir los roles y funciones de cada uno, esto ayudará a agilizar el proceso de la reunión. Teniendo todas las personas y roles identificados, se pasa a definir los factores controlables y métricas de rendimiento que se medirán antes y después de la sesión, esto para ver si se puede mejorar en algo la organización de esta. Luego, se prepara la agenda donde se enumera cada ítem a tratar, quienes participan y el tiempo que se dará para conversar del tema, esto para hacer un mejor uso del tiempo. Finalmente, se solicita soporte para que en la sesión se pueda desarrollar sin problemas y se envía la invitación a los participantes.

A continuación, se presenta una plantilla de ejemplo del pre-plan ICE del archivo de plantillas que tiene CIFE:

ICE pre-plan										
Problems	Outcomes	Participants						Agenda		Resources
Problems for session to focus on	Desired outcomes	Intended Participants	Participant discipline	Pre-session assignments	Member of pre-plan team (yes/no)	Role in ICE session	Member of post-session wrapup team (yes/no)	Agenda items	Outcome intent met? (Yes/Partial/No)	Meeting space, technologies, models, tools
Specify architectural spaces first floor	Spaces to model are specified	Mary	Architect	Owner share project goals and objectives	Yes	Discipline expert	Yes	Review project goals and objectives		Smart Boards
Size building systems	Systems in first floor are sized and specified	Joe	MEP Engineer	Define and share team charter	No	Discipline expert	No	Specify spaces, systems, components to model		Excel
Identify building construction components for first floor	Components (first floor) that take > 1 hour to install are listed and added to spec of components to model	Hamid	PM	PM assure availability of BIM authoring and review tools for team members	Yes	Facilitator	Yes	assign modeling tasks to individuals		Meeting space with tables, chairs for team of 10
		Sonya	Owner	Owner share project goals and objectives	No	Recorder	Yes	Plan coordination activities for each modeling task		

15



Center for Integrated Facility Engineering

Chalmers Integrated Product, Organization and Process (c) 2015

Figura 2.5: Ejemplo pre-plan de sesión ICE.

Fuente: ICE overview.

Las actividades que normalmente se desarrollan durante una sesión son las siguientes:



Figura 2.6: Actividades durante sesión ICE.
Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, se muestran las métricas junto con los resultados de la sesión anterior a todas las personas que participa, esto se realiza para que haya participación y se cree un compromiso de mejora continua. En segundo lugar, se presenta la agenda de la sesión, la cual ya todos han visto porque debe ser enviada antes de que comience la reunión, para que todos estén alineados. Luego, aparece el rol del registrador, que es quien toma nota de todas las decisiones y acuerdos tomados para dejar constancia y que haya un documento donde se respalde todo. Junto con todo esto, es necesario utilizar el soporte de BIM que se tiene en las sesiones, el cual ayuda al proceso de evaluar y decidir sobre los temas que se hablan, este soporte facilita la visualización principalmente. Antes de terminar la sesión, se debe validar el cumplimiento de los objetivos del cliente y del proyecto en las decisiones tomadas en la sesión. Además, durante toda la sesión se debe controlar los tiempos acordados en la agenda, para la que sesión ICE cumpla su objetivo, esto se cumple cuando todos los participantes van preparados y concentrados para resolver todos los conflictos y dudas. Finalmente, se realiza un trabajo para ver oportunidades donde se puede mejorar con respecto a la sesión, esto para que las próximas que se realicen se vuelvan cada vez más dinámicas.

A continuación, se tienen las actividades que se realizan luego de cada sesión ICE:

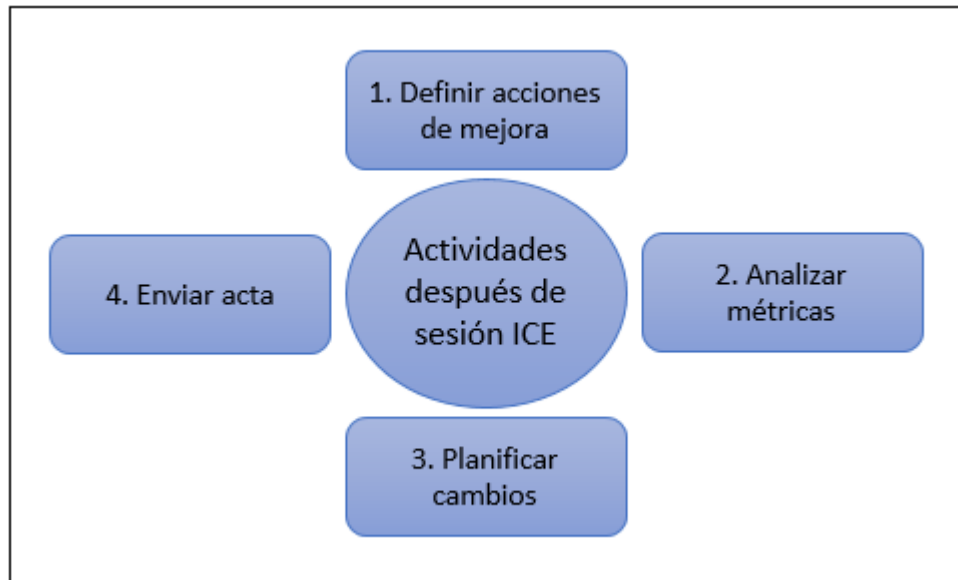


Figura 2.7: Actividades después de sesión ICE.
Fuente: Elaboración propia.

Luego de identificar opciones de mejora en la sesión, luego de esta se definen las acciones para lograr progresar para las siguientes. El segundo punto es analizar las métricas y planificar los cambios que se producirán en los modelos, cronogramas, costos debido a las decisiones tomadas durante la sesión, con la finalidad de que este todo actualizado. Finalmente, se revisa y envía el acta correspondiente a la sesión a todas las personas que participaron.

En el caso de las sesiones ICE en VDC, se puede utilizar el método “Big Room”, donde están las instalaciones necesarias (tecnología habilitadora) para congregar a los participantes y empezar la colaboración para organizar integralmente el proyecto.

En la imagen se muestra un ejemplo de una sala Big Room:



Figura 2.8: Big Room para sesión ICE.
Fuente: I CONGRESO INTERNACIONAL VDC, 2020.

Factores Controlables de ICE en VDC

Los factores controlables que se reconocen de ICE en VDC son con respecto a las personas, procesos, planeamiento y atmósfera esto forma parte de la gestión de la organización.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla algunos de los factores controlables identificados:

Tabla 2.2: Factores Controlables de ICE en VDC.

Fuente: Elaboración propia.

Factores controlables de ICE en VDC	
Personas y sus roles	Identificar capacidades y habilidades que debe tener cada uno de los roles para definir: líder, facilitador, registrador y miembros del equipo
Organización de los Procesos y la planeación	Planificar actividades según agenda y cronograma
	Establecer y comunicar objetivos claros para lograr los resultados esperados
	Analizar y aprobar sistemas constructivos, de logística y montaje
	Liberar interferencias
Atmósfera	Lograr propuestas de optimización y buscar ahorros
	Distribuir sala de Big Room, definiendo co-ubicaciones
	Equipar salas con pantallas y tecnología para crear atmósfera digital

Métricas de rendimiento de ICE en VDC

A continuación, se presenta ejemplos de métrica de rendimiento de ICE:

- Número de interferencias resueltas
- Porcentaje de personas que participan en las sesiones
- Número de sesiones programadas que se realizan
- Número de actividades cumplidas de la agenda

2.3.2. Metodología Building Information Modeling (BIM)

BIM, que sus siglas en inglés significan Building Information Modeling, y que en español se traduce como modelado de información para la edificación o construcción, corresponde a una metodología que apoya los procesos de diseño, construcción y operación, donde su objetivo es reunir toda la información del proyecto en un modelo digital. BIM representa el alcance físico del proyecto y es un soporte para la interacción e integración del producto, organización y procesos.

Definiciones de BIM según VDC Dictionary

“Modelado de Informaciones de la Construcción, BIM, consiste en el uso de una representación digital compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación para formar una base confiable para las decisiones.”

Ref.: ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles.

“Modelado de Informaciones de la Construcción, BIM, es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.”

Ref.: Building Smart.

“Modelado de Informaciones de la Construcción, BIM, es una gama de tecnologías, procesos y normas que permiten a múltiples stakeholders diseñar, construir y operar una edificación de forma colaborativa.”

Ref.: Succar, B. (2013). Building Information Modelling: conceptual constructs and performance improvement tools.

“Modelado de Informaciones de la Construcción, BIM, es un proceso basado en el modelado 3D inteligente que brinda a los profesionales de arquitectura, ingeniería y construcción; la visión y herramientas necesarias para planificar, diseñar, construir y manejar edificaciones e infraestructura de forma más eficiente.”

Ref.: Autodesk.

Según el Estándar BIM para Proyectos Públicos, la definición de BIM es: “Conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual”.

BIM en la metodología VDC

La forma tradicional de trabajo es fragmentado e individualista, debido a esto, VDC utiliza BIM, ya que es un sistema colaborativo, donde la información de un proyecto fluye entre los distintos involucrados facilitando procesos sinérgicos mediante modelos 3D, que pueden ser manipulados y corregidos durante todo el ciclo de vida en diferentes plataformas o softwares que se pueden acceder a ellas de forma remota e instantánea. Sin embargo, no se debe asociar solo a un software, ya que esta herramienta requiere ser implementada y para esto se necesitan estrategias, personas, procesos y tecnología.

La importancia de BIM dentro de la industria de la construcción tiene que ver con lo que permite hacer, por ejemplo, en un proyecto donde interactúan varias especialidades y compañías es necesario ingresar la información una sola vez y cualquier cambio se va actualizando en todas las plataformas, a diferencia de las prácticas tradicionales, donde todo es manual y puede haber fácilmente errores humanos.

Sin embargo, para poder utilizar esta herramienta es muy importante que todas las partes involucradas del proyecto tengan una compatibilización de sistemas y utilidades y que estas encajen, ya que BIM tiene muchos elementos que si no se utilizan correctamente no servirán para, por ejemplo, hacer simulaciones en más dimensiones como 4D o 5D.

Con respecto al BIM en el marco VDC, se preocupa de la gestión del Producto y se puede utilizar en tres fases con tres diferentes aplicaciones, en la primera fase está la visualización, la cual permite mostrar rápidamente el proyecto a un grupo de personas y que sea entendible. En la segunda fase aparece la integración de la información que se va manejando del proyecto. Finalmente, la última función que se puede usar es la automatización, donde se utiliza el modelo virtual que ayuda en la mejora del rendimiento.

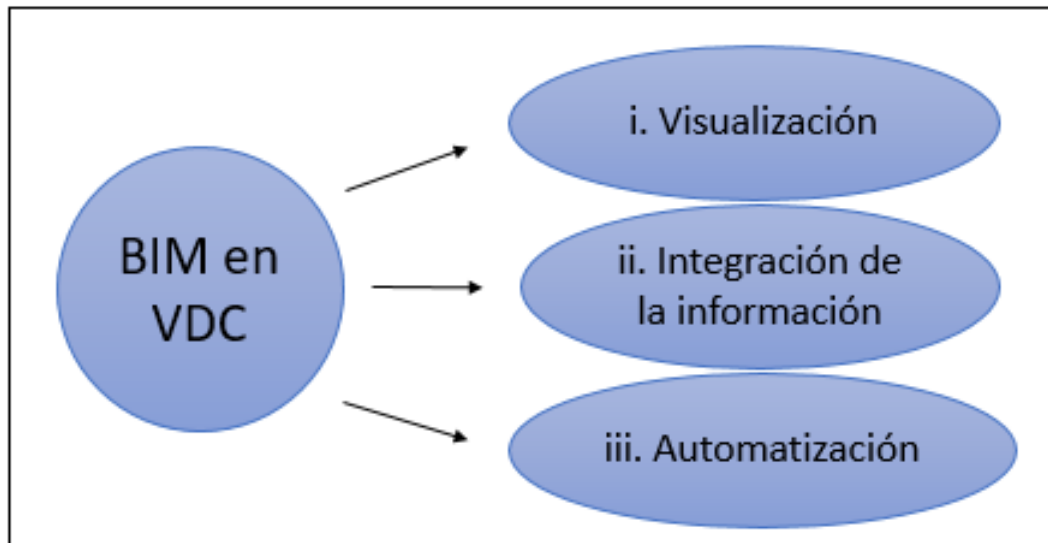


Figura 2.9: Funciones de BIM en VDC.
Fuente: Elaboración propia.

i. Visualización:

En esta primera fase, los equipos de proyecto crean versiones del Producto en 3D para que se pueda decidir un diseño que esté en lineamiento con respecto a los objetivos del cliente y proyecto. Antes se debía hacer un bosquejo físico que mostrara en general el diseño y distribución de elementos, pero demoraba varios días, a diferencia de un modelo virtual donde hasta se puede realizar cambios ahí mismo.

La visualización efectiva ayuda a aclarar los objetivos, valores, responsabilidades, diseños y restricciones del proyecto. Esto permite que más partes interesadas participen en la revisión de este de manera mucho más significativa y temprana, ya que se puede observar con antelación oportunidades y limitaciones al momento de la construcción de la obra. Por ejemplo, al usar un modelo BIM, es posible visualizar y delinear áreas donde la maquinaria y los equipos de trabajo pueden interactuar y moverse durante la construcción, prediciendo el espacio que se tendrá. Además, tener un modelo 3D, no implica mucha planificación ni tiempo para saber si un diseño obedece con los estándares de uso y espacio.

Ya que la parte de diseño es relativamente la más barata de todas las etapas, hacer la inversión de ver distintas versiones del modelo en etapa temprana se justifica, por lo tanto, es una buena recomendación que se incluya en los gastos del proyecto. Muchas empresas y proyectos en todo el mundo ahora usan VDC en este nivel inicial.

ii. Integración de la información:

En esta fase, los proyectos desarrollan métodos automatizados basados en computador para intercambiar de manera confiable datos entre aplicaciones de análisis y modelado, lo cual se denomina interoperación. Este intercambio debe ser estandarizado mediante un acuerdo entre las partes interesadas.

Para integrar la información, se debe ser preciso y poner atención al momento de introducir los datos al computador, ya que se realiza una sola vez y es fácil cometer errores. Se debe estar de acuerdo con la estandarización de la terminología, formato, estructura, etc. La información ingresada debe ser específica ser ingresada de manera particular, lo cual puede no ser muy fácil de hacer, pero si no se realiza, será limitado el uso y el valor del sistema. Si bien lograr la integración de la información necesita de una inversión de tiempo y dinero, es necesario si se desea emplear BIM correctamente.

La mayor parte del trabajo re hecho se debe al uso de información de diseño desactualizada porque el último diseño simplemente no llega o si ha llegado es difícil lo usen. La utilidad de la integración de la información comienza en el momento en que se empieza a usar porque siempre se tiene la información más reciente y en un lugar centralizado. Además, si se realiza una buena integración se puede conectar información, por ejemplo, de calendarios o programación y estimación de costos y con esto tomar decisiones según distintos escenarios. Lo cual, si se define bien un modelo digital con estándares y formatos, este puede interactuar con otros softwares y entregar un uso a diferentes objetivos, dentro de BIM se han identificado 7, que se denominan dimensiones.

Por lo tanto, es fundamental darle un papel importante a la organización de la información, es por esto que se necesita el apoyo corporativo multiproyecto para la inversión en dinero y tiempo para incluir la integración de la información.

iii. Automatización:

Durante esta fase, los proyectos usan métodos automatizados ya sea para realizar tareas de diseño/análisis o para ayudar a construir sub ensamblajes en una fábrica. Para que la automatización induzca una mejora en el rendimiento de los avances del proyecto y del proceso de construcción, la organización del proyecto a menudo necesita modificar radicalmente sus procesos para realizar más análisis y diseños de alto valor que permitan menos tiempo, trabajo re hecho y espera durante la construcción. La automatización requiere integración, y una buena visualización para que funcione bien, estase puede implementar en todas las etapas del proyecto. Por ejemplo, en el:

- **Prediseño:** Se genera rápido el modelo conceptual el cual permite un mayor entendimiento desde el principio del proyecto de todas las partes interesadas.
- **Diseño:** Se generan alternativas y soluciones que son precisas y rápidas, lo cual aumenta la calidad del diseño del producto.
- **Ejecución:** Se generan modelos 3D y 4D de alta calidad y detalle para el momento de preconstrucción y construcción, lo que disminuye la variabilidad en terreno.
- **Auditoría:** Se genera revisión automatizada, lo cual permite un gran ahorro de tiempo.
- **Mantenimiento:** Se genera modelos conectados a softwares que gestionan las instalaciones y servicios, lo que permite un mejor comportamiento del producto a lo largo del ciclo de vida.

Para automatizar BIM se utiliza como herramienta softwares (Dynamo o Grasshopper, por ejemplo) que tienen la capacidad de programar de manera intuitiva y sencilla.

En general, la automatización tiene el potencial de acelerar distintos procesos, ya que es una ingeniería con herramientas conectadas. Esto significativamente la eficiencia de la construcción, la seguridad, la eficacia y la duración del proyecto. Por lo tanto, es necesario ver desde el principio las oportunidades de automatizar trabajos, y para que esto ocurra es fundamental el apoyo corporativo multiproyecto para la inversión en dinero y tiempo para que con el modelo digital se pueda crear procesos automatizados.

Factores Controlables de BIM en VDC

Los factores controlables que se reconocen de BIM en VDC son con respecto a las personas, organización del proceso y de la información, y la visualización, esto forma parte de un plan integral que permite el control y uso exitoso de BIM.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla los factores controlables identificados:

Tabla 2.3: Factores controlables del BIM en VDC

Factores controlables de BIM en VDC	
Personas	Definición de todos los actores que están involucrados y cuál es su labor. Por ejemplo, autores, revisores o clientes.
	Garantizar que se entienda lo que significa incluir BIM en la corriente de trabajo, donde cada persona sepa las responsabilidades y oportunidades que esto implica.
Organización de los Procesos y la información	Desarrollo del plan para la implementación y ejecución de BIM, donde se incluye la frecuencia y el tiempo de uso de BIM en el proyecto.
	Establecer y emplear un CDE (Entorno de Datos Compartidos) para organizar la información, el intercambio de esta y la versión que se utilizará.
	Definición de contenido de BIM con respecto a usos y herramientas.
Visualización	Implementación de visualizadores del modelo BIM para las principales partes interesadas.
	Conexión con sesiones ICE, para toma de decisiones gracias a múltiples pantallas y participación de distintas disciplinas.
	Definición de métricas para monitoreo y medición que permiten maximizar los beneficios del uso de BIM.

Métricas de rendimiento de BIM en VDC

Se puede realizar mediciones en tres etapas con respecto al proyecto sobre el uso de BIM, estas son: evaluación de BIM antes, durante y después de su uso. Además, se puede evaluar BIM de manera general en el proyecto o empresa. A continuación, se presenta una tabla con criterios de evaluación:

Tabla 2.4: Evaluación de BIM en distintas etapas del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Evaluación antes del uso de BIM	Identificación de problemas frecuentes, para mejora de Plan de Ejecución BIM
	Identificación de roles de las personas y entregables
	Identificación de nivel de desarrollo (LOD) requerido, más su secuencia de desarrollo
	Establecimiento de estándares: nomenclatura e interoperabilidad
	Revisión de Plan de Ejecución BIM
Evaluación durante el uso de BIM	Coordinación en el diseño
	Coordinación de reuniones
	Cumplimiento Plan de Ejecución BIM
	Prefabricación
Evaluación después del uso de BIM	Revisión de seguimiento de estándares o normas
	Revisión de predicción de resultados con el uso de BIM
	Revisión de integración de BIM
	Revisión de retrabajo BIM
Evaluación a nivel empresa o proyecto del uso de BIM	Desarrollo mapa de procesos
	Identificación interfaces
	Revisión de acuerdos
	Análisis del proceso de revisión

Ejemplo de métricas de rendimiento:

- Número de personas que participarán en Plan de Ejecución BIM
- Número de personas que revisarán Plan de Ejecución BIM
- Porcentaje de resolución de interferencias
- Porcentaje de cumplimiento del Plan de Ejecución BIM
- Porcentaje del proyecto que es prefabricado
- Porcentaje de trabajo re hecho por cambio de diseño

2.3.3. Metodología Project Production Management (PPM)

Project Production Management (PPM) que en español se traduce como: Gestión de la Producción de Proyectos, se puede visualizar como sistemas de producción temporales, ya que corresponde a la aplicación de la ciencia de las operaciones en los proyectos. PPM basa su trabajo en el desarrollo de la ciencia tras las operaciones de cada actividad, esta información representa una ventaja frente a proyectos con trabajos complejos. (Shenoy R., 2017).

Definiciones de PPM según VDC Dictionary

“La aplicación de las teorías, principios y métodos de las ciencias operacionales para comprender, controlar y optimizar la entrega del proyecto.”

Ref.: Instituto de la Producción de Proyectos.

“Gestión de la Producción de Proyectos es, simplemente, la aplicación de ciencias operacionales a proyectos vistos como sistemas de producción temporales.”

Ref.: Shenoy, R. (2017). A Comparison of Lean Construction with Project Production Management. PPI Position Paper.

Las principales tareas que se llevan a cabo dentro de la metodología es organizar y controlar las actividades laborales que se realizan en el proyecto. Además, PPM entrega una teoría predictiva y cuantitativa profunda acerca del diseño de las actividades de trabajo y así mismo de los distintos límites que se puede alcanzar.

Existe una relación directa entre una mejora en el cronograma, el costo y el rendimiento del alcance de los proyectos con lo nombrado en el párrafo anterior, que es la capacidad de deducir criterios de diseño para así poder optimizar distintos parámetros tales como: el tiempo de ciclo, el desempeño, el trabajo en proceso. Otras capacidades que influyen en esta mejora son el modelamiento y simulación del trabajo que se realizará para así determinar cuáles son los límites de lo que puede y no puede ser alcanzable teóricamente.

PPM parte del pensamiento Lean al igual que Lean Construction, pero cabe mencionar que no son subconjunto del otro, es decir, Lean Construction no es parte de PPM y viceversa.

Para entender mejor la diferencia, Lean Construction logra mejorar los procesos mediante 3 perspectivas a cubrir, que son:

- Organización de Stakeholders: que corresponde a las partes interesadas y el Sistema de Entrega de proyectos Lean.
- Gobernanza del proyecto: que corresponde a contratos y formas integradas de acuerdos.
- Organización de las actividades.

Por lo tanto, se puede notar que Lean Construction se focaliza en factores humanos, lo que entorpece la idea de probar nuevos métodos o nuevas técnicas en los procesos. Además,

al querer abarcar tantos temas, no se puede centrar en ninguno de manera profunda.

Por el lado de Project Production Management, este considera la configuración, organización y control de las actividades que consideran trabajo físico en un proyecto. Lo cual permite mejoras en el desarrollo de procesos en tiempo, calidad y costos, debido a que se puede comprender de mejor manera y con más profundidad los flujos de trabajo de cada actividad, así como también sus límites.

Project Production Management, también se puede comparar con la forma tradicional de la Gestión de Proyectos (Project Management), la cual incluye las capacidades de alcance y calidad, cronograma y uso de recursos, lo cual se compensa entre costo, tiempo y alcance. A pesar de que sean capacidades sustanciales, se necesita más actividades para tener resultados con éxito.

En cambio, como se dijo anteriormente, PPM trata los proyectos como sistemas de producción y además se encarga de las lagunas que deja la gestión de proyectos tradicional. Esto se hace considerando la variabilidad y se puede gestionar poniendo de zonas de amortiguamiento (buffers) en distintas partes de la realización del proyecto, más la planeación estratégica. PPM tiene disponible 3 tipos de amortiguadores (capacidad, inventario o tiempo), según estos se generan combinaciones entre ellos para que la gestión de la variabilidad sea efectiva. En el fondo, PPM tiene como objetivo optimizar el costo, el tiempo y el alcance (diseño del producto) según el diseño de procesos, capacidad, inventario y variabilidad.

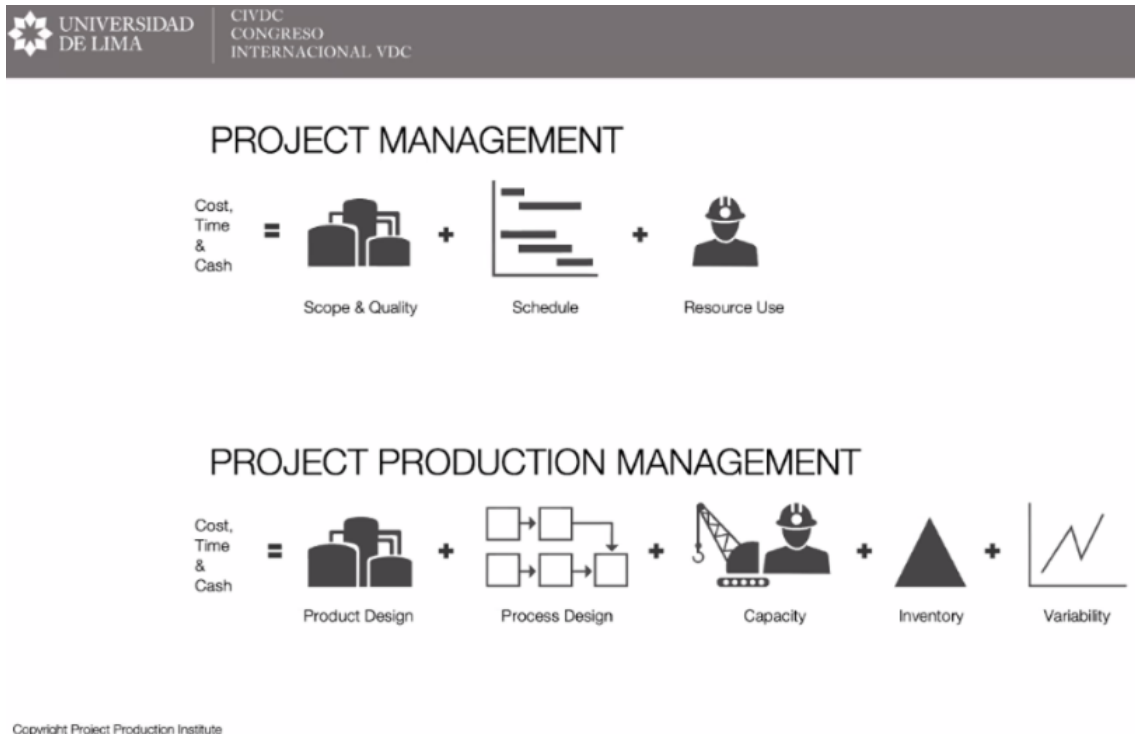


Figura 2.10: Gestión de Proyectos tradicional vs Gestión de la Producción de Proyectos.

Fuente: I Congreso Internacional VDC.

Definiciones según VDC Dictionary

Variabilidad: es el término utilizado para describir cualquier diferencia entre instancias específicas de una operación o proceso en particular, salida de una entidad en particular de una operación o una demanda en particular.

La diferencia puede manifestarse en términos de atributos de las entidades/operaciones o en el momento de esas entidades/operaciones.

Ref.: Instituto de la Producción de Proyectos (PPI).

Búfer: es un medio o dispositivo que se utiliza como amortiguador contra el impacto de las fluctuaciones en la actividad comercial o financiera.

Debido a variabilidad, el flujo de demanda y el flujo de proceso nunca se sincronizan perfectamente, y se requiere algún tipo de búfer cuando se hace coincidir la salida del proceso con la demanda.

Los únicos búferes disponibles son:

- Inventario: la transformación ocurre antes que la demanda.
- Tiempo: la transformación ocurre después de la demanda.
- Capacidad: por encima de la demanda promedio.

Ref.: Instituto de la Producción de Proyectos (PPI).

PPM en la metodología VDC

Project Production Management en el marco VDC, se preocupa de la gestión de los Procesos. PPM interactúa de manera activa con las otras dos herramientas que se utilizan en VDC que son las sesiones ICE y BIM, el trabajo en conjunto genera la configuración, organización y control de las actividades.

En el caso de la configuración, organización y control de las actividades que se realiza con PPM, se le puede agregar desde un principio al proceso habitual que se utiliza, las sesiones ICE. Uniendo PPM con ICE, se logra trabajar de manera interdisciplinaria, por lo que se reúnen todos los conocimientos que se necesitan para optimizar la forma de trabajar y también para optimizar la configuración y organización de las tareas que llevarán a cabo los equipos de trabajo. Una vez que el equipo maneja el modelo de acordeón con el que trabaja ICE, se vuelve muy eficiente y colaborativa la forma de trabajar, ya que también se optimiza cuando hacer sesiones ICE, la duración de estas, quienes deben estar en ellas, cuáles son los temas a tratar, etc.

La interacción que tiene BIM con PPM es importante también, ya que proporciona varios elementos que ayudan en la gestión de los procesos. Con BIM se puede visualizar el modelo

y con esto comprender mejor el trabajo que se debe realizar, esto ayuda a establecer flujos de trabajo con procesos claros y alineados a los mismos objetivos. Además, se puede transferir la información fácilmente a todas las partes interesadas.

Factores Controlables de PPM en VDC

Las acciones que se pueden controlar y administrar con respecto al Project Production Management, tienen que ver con el planeamiento del proyecto y las estrategias que se pueden tomar para lograr los resultados que se buscan. A continuación, se presentan algunos ejemplos de factores controlables que se pueden deducir de distintas partes del proyecto:

- Realización de Pull Planning del proyecto
- Sectorización el proyecto
- Realización iteraciones a la programación del proyecto, buscando mejoras continuas
- Definición nivel de detalle y alcance de los planes futuros (definición de modelo LOD)
- Definición de seguimiento de avance
- Definición de frecuencia de reuniones donde se reciba feedback
- Visualización de alternativas de procesos para optimización

Métricas de rendimiento de PPM en VDC

A continuación, se muestra ejemplos de métricas de rendimiento que permiten medir el desempeño del sistema de producción que se planea para el proyecto:

- Porcentaje de reducción del plazo del proyecto con respecto al contractual
- Índice de desviación debido a reducir variabilidad
- Porcentaje completado de plan de diseño y construcción
- Porcentaje de fiabilidad de lo extraído del modelo 3D
- Porcentaje de variaciones que se realizan en la planificación del proyecto

Capítulo 3

Metodología

Para lograr los objetivos que se plantearon en el presente trabajo de título, es fundamental hacer coincidir estos con los métodos de trabajo propuestos, entre ellos: revisión bibliográfica, entrevista a profesional certificado en VDC, encuestas a profesionales de la ingeniería y de la construcción, investigación de proyectos y análisis de información y propuesta con buenas prácticas.

Objetivos específicos y herramientas utilizadas:

a) Conocimiento la metodología VDC y cada una de las metodologías que están integradas en ella.

- Revisión bibliográfica
- Entrevista 1

b) Identificación del uso de la metodología VDC en proyectos de infraestructura en el extranjero y en Chile.

- Revisión bibliográfica
- Revisión de aplicación VDC en proyectos.

c) Resultados de análisis de factibilidad de aplicación de la metodología VDC en proyectos de infraestructura en Chile.

- Entrevista 1 y 2
- Encuesta

d) Propuesta de un sistema de implementación de metodología VDC con recomendaciones en proyectos de infraestructura en Chile.

- Análisis de la información y diseño de propuesta

La implementación de estos métodos de recopilación y análisis de información tienen el propósito de servir como herramienta para lograr los objetivos propuestos y obtener los resultados esperados, lo que significa entender la metodología VDC para estudiar su aplicabilidad en proyectos de infraestructura.

3.1. Revisión bibliográfica

El objetivo de la revisión bibliográfica es recopilar información proveniente de publicaciones y documentos relacionados a Virtual Design and Construction. Los temas de los cuales se quiere tener información son: la historia y desarrollo del VDC, definiciones de conceptos relacionados con la metodología, identificación de proyectos y como se ha implementado en proyectos de infraestructura.

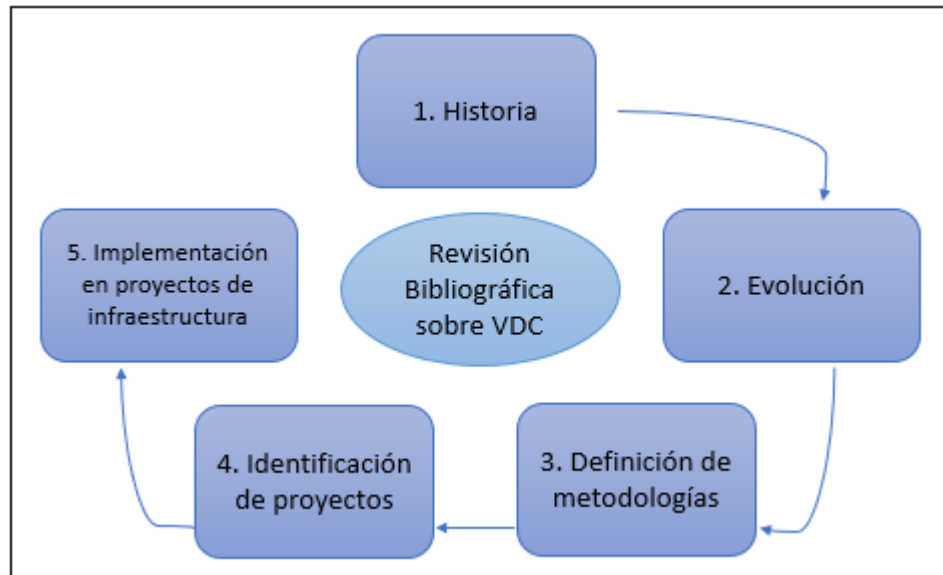


Figura 3.1: Objetivos de Revisión bibliográfica.
Fuente: Elaboración propia

Para la recopilación bibliográfica sobre VDC, se pregunta en diferentes documentos según:

- a) Autores publicación
- b) Año publicación
- c) Procedencia
- d) Tipo de publicación

3.2. Entrevista

El objetivo de la entrevista 1 es obtener información relacionada con el estado del arte en Chile de la metodología Virtual Design and Construction, conocer qué se está haciendo para su difusión y de qué se trata la Red VDC Latinoamérica y su vinculación con la Red VDC Chile. Además, entender ciertos conceptos que ayudan a comprender como funciona VDC en los proyectos que se implementa. Finalmente, información acerca de la diferencia de masividad en el uso de la metodología en Chile, en comparación con otros países como Perú.

La entrevista se realiza a un profesional que tiene la certificación de Stanford de VDC y miembro de la Red VDC Chile.

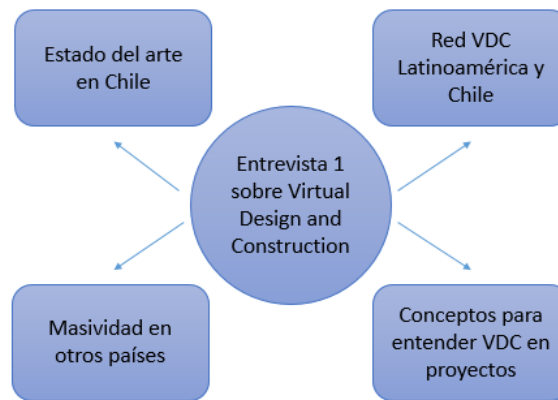


Figura 3.2: Directrices entrevista 1.

Fuente: Elaboración propia

El objetivo de la entrevista 2 es saber el conocimiento que tienen distintos encargados de proyectos sobre VDC, además la idea es ver el interés que se genera en ellos y conocer las barreras que ellos ven para una posible implementación de la metodología en sus proyectos.

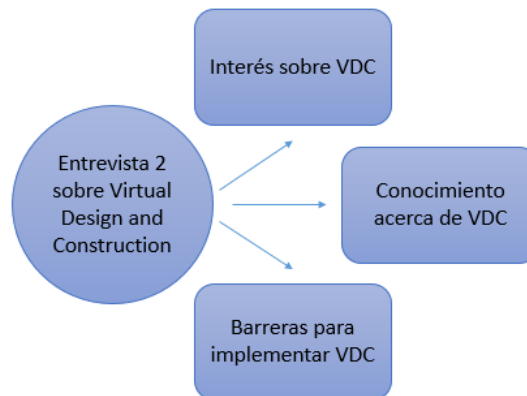


Figura 3.3: Directrices entrevista 2.

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo C se adjuntan las preguntas de las entrevistas.

3.3. Encuestas

El objetivo de la encuesta realizada es recopilar la mayor cantidad de información y datos de distintos profesionales relacionados al área de la ingeniería y construcción, acerca de sus conocimientos y experiencias sobre VDC.

En virtud de recabar una mayor cantidad de respuestas, la encuesta será realizada de manera online, mediante la plataforma Google Forms.

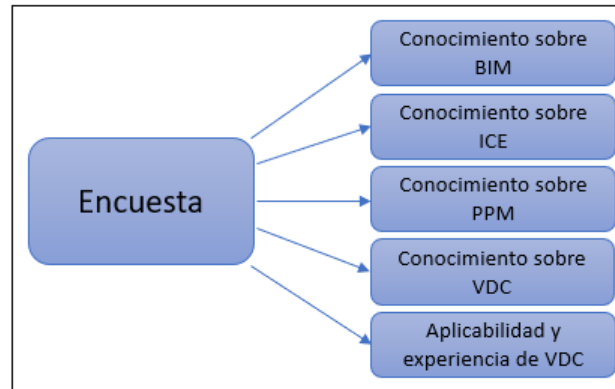


Figura 3.4: Directrices encuesta.
Fuente: Elaboración propia

3.4. Análisis de la información y diseño de propuesta

El objetivo del análisis de la información que se pudo recopilar en la revisión bibliográfica, entrevista, encuesta y estudio de proyectos es utilizar esta información y conocimiento sobre la metodología VDC y entender su uso e implementación en distintos proyectos.

Gracias a lo anterior, se puede lograr los objetivos propuestos para el presente trabajo de título, que corresponde a comprender la metodología VDC, analizar la factibilidad de la implementación de esta en proyectos enfocados en infraestructura en Chile y reconocer buenas prácticas para hacer una recomendación a la hora de aplicar la metodología VDC en los distintos proyectos.

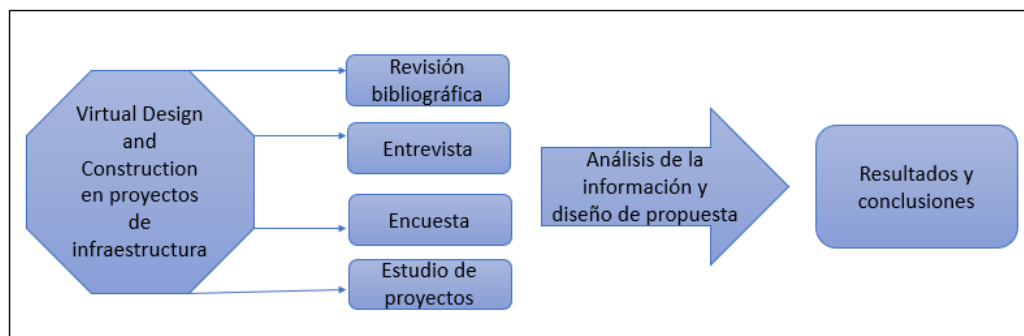


Figura 3.5: Metodología de trabajo.
Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4

Desarrollo y resultado del estudio

A continuación, se expone el trabajo realizado para la obtención de la información y sus resultados, acorde a la metodología planteada para lograr los objetivos establecidos en el presente trabajo de título.

4.1. Resultados de la revisión bibliográfica

Luego de realizar una revisión a los documentos recolectados, se logra encontrar información acerca de todos los procesos que tiene Virtual Design and Construction, lo que sirve como marco conceptual del presente trabajo de título. Además, se obtiene información de distintos temas relacionados con la metodología, los que se presentan en el presente capítulo.

4.1.1. Certificación VDC

Para poder realizar un proyecto con la metodología VDC, es conveniente que exista una persona que tenga la certificación en VDC y que haya aprendido de manera íntegra todos los conceptos y procesos que se necesita saber para implementarla correctamente.

A pesar de que la metodología se formuló en el año 2001, recién en el año 2008 se comenzó a ofrecer un Programa de Certificación VDC por el Stanford Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) junto con el Project Production Institute (PPI), en el cual enseñan a profesionales de Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Facility Management, cómo utilizar de manera eficiente y eficaz VDC para lograr obtener un valor alto para los proyectos y negocios.

Junto con el Stanford Center for Professional Development (SCPD), la Universidad desarrolló distintas opciones para que se pueda conocer VDC de formas más accesibles, que se presentan en anexo A.

4.1.1.1. Relación Universidad de Lima – Universidad de Stanford y CIFE

Para entender cómo la Universidad de Lima cuenta hasta este año con 4 programas de certificación en VDC, es necesario saber cómo se fue dando la conexión entre esta universidad y la Universidad de Stanford.

Con respecto a la historia de la relación que se establece con la Universidad de Stanford, la Universidad de Lima en sus últimos años ha estado desarrollando la carrera de Ingeniería Civil que es una carrera relativamente nueva, el cual se inició desarrollando una malla curri-

cular muy moderna (la cual se puede revisar en su página web), donde se incorpora desde ciclos muy tempranos, por ejemplo, el BIM, prácticamente en todos los cursos posibles. Se enseña Gestión de Proyectos de construcción desde el sexto ciclo, se enseña también VDC 1 y 2 como cursos en el octavo y noveno ciclo, filosofía Lean. En ese alineamiento, aparece la oportunidad de relacionarse con la Universidad de Stanford a través de los primeros peruanos certificados en VDC. Con esto, a finales del año 2018 y principios del 2019 empieza la promoción de la primera certificación patrocinada por la Universidad de Lima en conjunto en ese momento con el CIFE de la Universidad de Stanford que es el centro de investigación afiliada o anexa al departamento de ingeniería y ambiental de esta universidad.

Debido a este ritmo lento de grupos pequeños de 25 a 30 personas el cambio en la industria iba a demorar demasiado, entonces surge un nuevo enfoque, una nueva visión de parte de Stanford donde inclusive se encarga a la oficina del centro de desarrollo profesional de esa universidad, organizar y ser el responsable de eventos mucho mayores que significaron la participación de grupos grandes como el caso de Noruega en mayo del 2020, donde participaron alrededor de 214 personas, el grupo que organizó la Universidad de Lima también con Stanford en Marzo del 2020 donde hubo 127 personas inscritas y congresos internacionales que se presenta en Anexo A.

Por lo tanto, se empieza a hablar de grupos grandes bajo otra estructura, bajo otra dinámica, donde se requiere la participación de más instructores que dentro del programa se denominan mentores, que han tenido una preparación dirigida directamente por Martin Fisher y sus más cercanos colaboradores en un taller de mentores VDC de la misma universidad de Stanford y luego termina con una estadía adicional de una semana practicando lo aprendido con algún grupo que vaya a hacer su semana introductoria de la certificación.

4.1.1.2. 4ta edición Programa Internacional VDC – Universidad de Lima

A continuación, se presenta lo que incluye la 4ta edición del programa internacional VDC patrocinado por la Universidad de Lima en conjunto con el Centro de Desarrollo Profesional de la Universidad de Stanford (SCPD) en el año 2022-2023:

- Introductory workshop: Del 22 al 26 de agosto de 2022, semana intensiva de curso introductorio teórico-práctico dictado por docentes de la Universidad de Stanford en la Universidad de Lima.
- Midterm Workshop: 21 y 22 de noviembre de 2022, asesoría presencial por parte de la Universidad de Stanford en la Universidad de Lima.
- Integration Experience: 9 y 10 de marzo de 2023, programa integrador en la Universidad de Lima donde se compartirán los trabajos finales.
- Coaching and advising sessions: agosto 2022 a marzo 2023, asesoría por parte de los mentores VDC certificados por la Universidad de Stanford.

Los talleres que se imparten en el programa son:

- IPD: Integrated Project Delivery
- VDC: Virtual Design and Construction

- ICE: Integrated Concurrent Engineering
- PPM: Project Production Management
- BIM: Building Information Modeling

Toda la información, se encuentra en la página web del programa VDC de la Universidad de Lima, <https://www.programavdc.ulima.edu.pe/>, donde se expone la propuesta de valor, el programa, contenido, plana docente, requisitos, proceso de selección y admisión, requerimientos para obtener la certificación VDC y la inversión que se debe hacer.

4.1.2. Aplicación de VDC en el mundo y Latinoamérica en proyectos

- **Implementación de VDC en remodelación de la Villa Deportiva Nacional, Lima, Perú.**

El presente proyecto, corresponde a la “Remodelación de la Villa Deportiva Nacional” (VIDENA) de los Juegos Panamericanos 2019. Corresponde a un estadio atlético, edificio administrativo, velódromo, centro acuático, bowling, pista de calentamiento y obras exteriores. La empresa que se adjudica el proyecto es COSAPI S.A. y el principal objetivo era estuviese listo en 18 meses. La Videna involucró el diseño arquitectónico, de ingeniería, la procura y la construcción de la sede principal. Las metodologías y herramientas utilizadas fueron: VDC, IPD, fast track y contratos NEC3. La inversión fue de +550 MM Soles y la superficie construida es de 102.000 m².

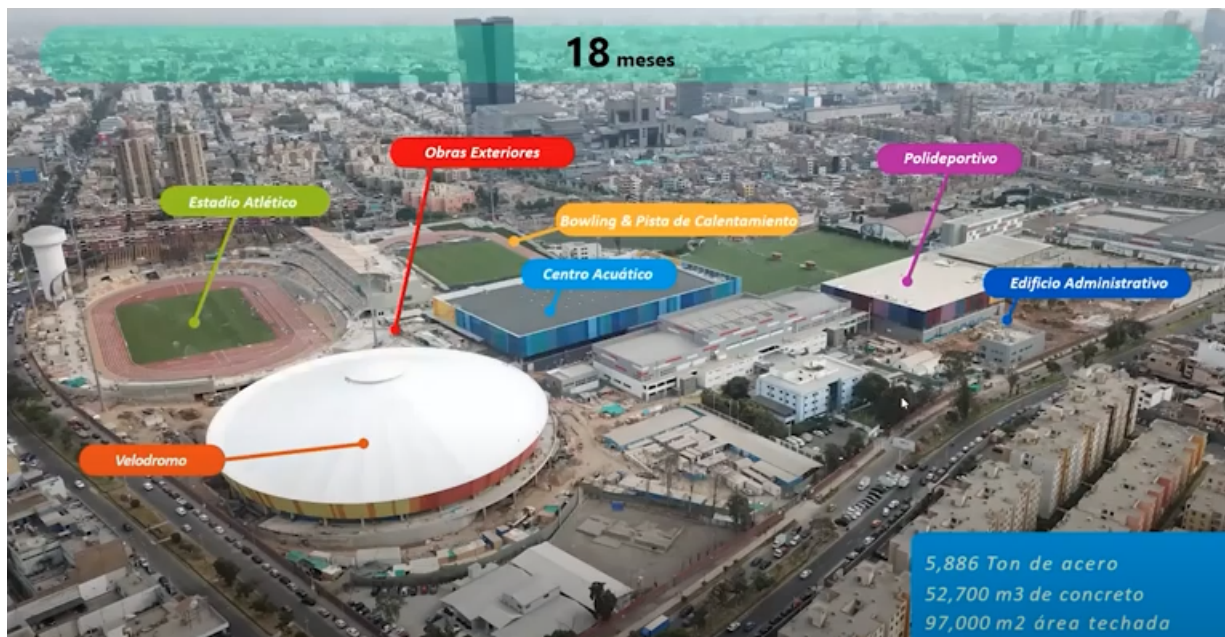


Figura 4.1: : Complejo deportivo La VIDENA.
Fuente: Presentación COSAPI, I Congreso Internacional VDC.

El resumen de implementación VDC es el siguiente:

- **Objetivo del cliente**
 - Funcional: 5 recintos homologados, estadio con barrera y accesible a personas con discapacidad.
 - Sostenible: Manejo eficiente de energía, legado para comunidad peruana, gas natural como fuente principal de energía, 100 % luminarias LES y capturadores de luz solar y riesgo tecnificado.
 - Operable: Información as built con point-cloud y capacitación en operación y mantenimiento.
- **Objetivo del proyecto:**
 - Construible: Debe terminar en el tiempo establecido que es 18 meses.
- **Integrated Concurrent Engineering (ICE):** Integración de todos los interesados, interactuar con BIM y PPM, comunicación efectiva.
 - Factores controlables:
 - Personas involucradas en la sesión ICE
 - Métricas de desempeño:
 - Número de sesiones ICE durante el diseño >50
 - Incompatibilidades críticas resueltas por sesión >15
- **Builing Information Modeling (BIM):** Modelos 3D de todos los recintos, integración de especialidades, información actualizada en tiempo real, trabajo colaborativo. También, se utilizaron distintas tecnologías como drones y escáner láser.
 - Factores controlables:
 - Remodelación de la Videna
 - Métricas de desempeño:
 - Modelos gestionados >60
 - Incompatibilidades resueltas >3000
 - Usos BIM implementados >10
 - Staff involucrado en BIM >90
- **Project Production Management (PPM):** Se utilizó herramientas LEAN como Kan Ban, pull planning, last planner system con BIM, y otros. Para los flujos de procesos fueron necesarios todos los interesados del proyecto y para el seguimiento y control se implementó CARD, el cual contenía el avance del proyecto que comparaba lo planificado, ejecutado, acumulado y no ejecutado. Otra estrategia implementada es la prefabricación de vigas pretensadas en bowling, vigas menores en pista de calentamiento, prelosas aligeradas en el estadio, lo cual fue según IPD.
 - Factores controlables:
 - Secuencia de procesos productivos
 - Gestión de metrados, presupuestos, avance de obra
 - Métricas de desempeño:
 - Velocidad de diseño y construcción = 5611.1 m²/mes
 - HH sin accidentes >= 6 millones

En resumen, el proyecto se pudo realizar en los 18 meses donde se cumplió con los objetivos del cliente y proyecto.

- **Implementación de VDC en la Construcción de 63 torres de concreto en el Cablebús Línea 1 en México.**

El presente proyecto, se ubica en Ciudad de México y fue presentado en el segundo congreso internacional de VDC. Corresponde a un teleférico que consta de 9.2 km de trazo distribuidos en 5 secciones y cuenta con 63 torres. Los datos generales son:

- Torres: 63, 54 torres troncal y 9 torres antena
- Total cabinas: 377
- Conexión con sistemas masivos de transporte: Metro Línea 3
- Cabinas (Pax): 10 personas sentadas
- Velocidad: 216 km/h
- Longitud trazo: 7.54 km Troncal, 1,66 km Antena
- Capacidad máxima: 4.000 pax/sentido E1-E5 y 1.000 pax/sentido E4-Antena
- Tiempo recorrido: 33 minutos



Figura 4.2: Trazo general.

Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC

La empresa presenta una estrategia de implementación que se presenta a continuación:

ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN

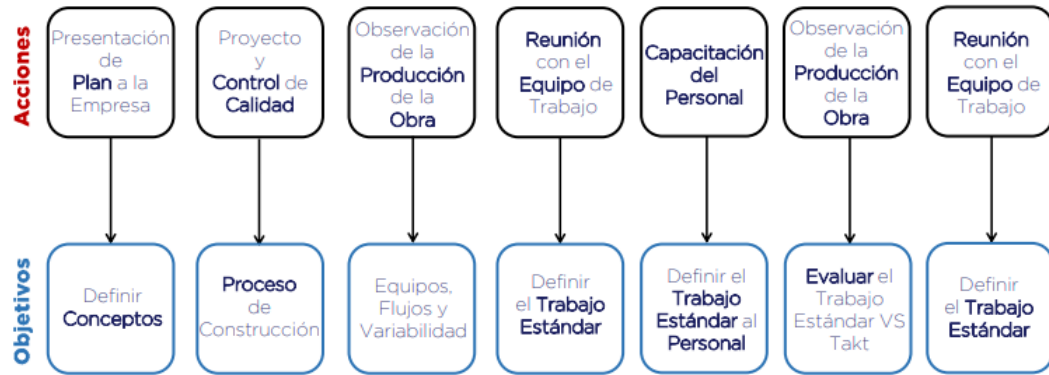


Figura 4.3: Estrategia de implementación.

Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.

Para lograr el objetivo del proyecto, se analizó cambiar una planificación tradicional (Diagrama de Gantt) a una planificación más dinámica (Takt Planning) para implementar trenes de actividades y generar un flujo continuo de actividades. Para esto, se utilizó la filosofía Lean Construction, mediante la implementación de Last Planner System (LPS). Con esto, los constructores se acercaron a situaciones como:

- Dinámica con un simulador, con el fin de balancear actividades en capacidad, demanda con flujo continuo, una actividad a la vez, sistema Pull y reducción de variabilidad.
- Definir el valor de cada producto, que corresponde a lo que satisface las necesidades del cliente final.
- Identificar el flujo de valor del proceso

Además, los principios colaborativos que se deben destacar son:

- Hacer fluir el valor sin interrupciones
- Dejar que el cliente tire del valor
- Equilibrar el trabajo
- Mejorar continuamente.

Al implementar LPS, se tiene un plazo contractual respaldado por un calendario que especifica la duración de los principales procesos. Lo que significa que cada proceso toma un Takt-Time específico.

A continuación, se presenta la implementación de VDC en el marco teórico de este:



Figura 4.4: Resumen de implementación VDC.

Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.

Luego, como se muestra en la siguiente figura, la empresa conecta cada uno de los componentes del marco de trabajo de VDC con factores controlables y métricas de desempeño.

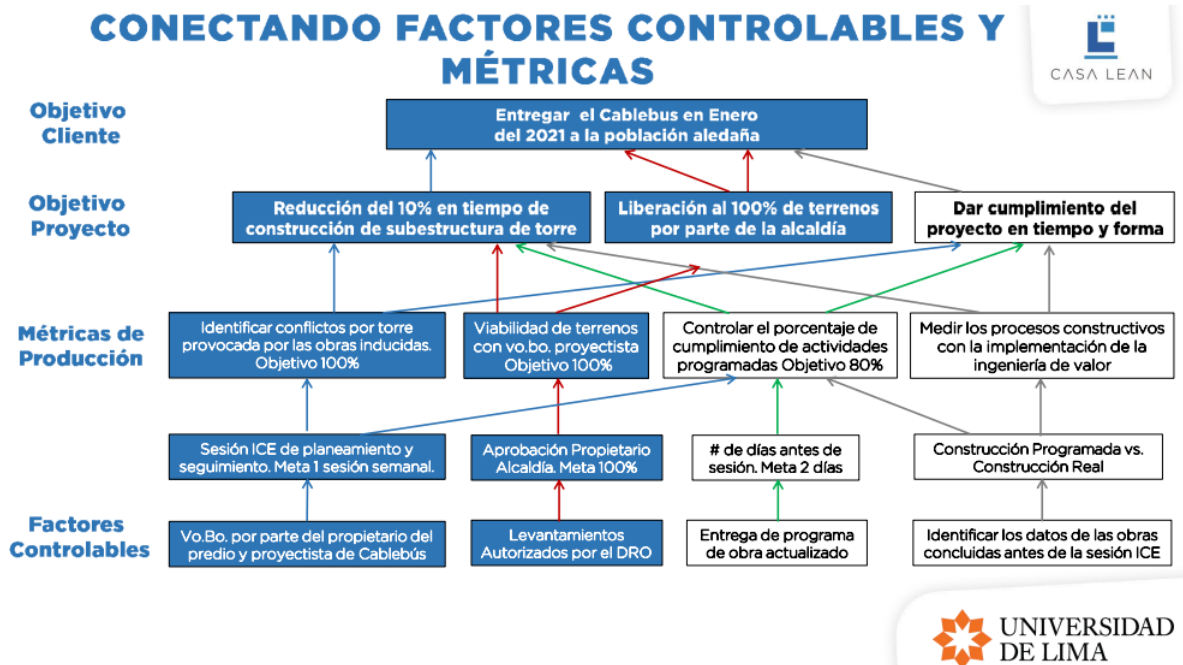


Figura 4.5: Conexión entre factores controlables y métricas.

Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.

Luego, la empresa describe detalladamente los indicadores de cada componente (ICE, BIM, PPM), que permiten saber si las métricas y factores controlables se cumplen:

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA APLICACIÓN DE VDC



Objetivo de la aplicación de VDC				
<ul style="list-style-type: none"> Reducción de tiempo en la construcción de la subestructura de las torres en un 10% 				
Indicador 01	ICE	Objetivo	Métrica	Meta
	Métricas de Producción	Viabilidad de los terrenos por parte de la alcaldía y con vo.bo. proyectista	$\frac{\# \text{levantamiento de predios}}{\# \text{vo.bo. proyectista}}$	100%
	Factores Controlables	Autorización por parte del propietario del predio y proyectista de Cablebus	$\frac{\# \text{aprobación propietario}}{\# \text{aprobación alcaldía}}$	100%
Indicador 02	ICE	Objetivo	Métrica	Meta
	Métricas de Producción	Medir los procesos constructivos ya implementando la ingeniería de valor	$\frac{\text{Construcción Programada}}{\text{Construcción Real}}$	Mínimo 10%
	Factores Controlables	Identificar los datos de las obras concluidas antes de la Sesión ICE	Días antes de la sesión ICE	2 días



Figura 4.6: Descripción de indicadores de ICE.

Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA APLICACIÓN DE VDC



Objetivo de la aplicación de VDC				
<ul style="list-style-type: none"> Reducción de tiempo en la construcción de la subestructura de las torres en un 10% 				
Indicador 01	BIM	Objetivo	Métrica	Meta
	Métricas de Producción	Identificar por medio del modelo BIM los conflictos por las obras inducidas por torre.	$\frac{\# \text{conflictos encontrados}}{\# \text{conflictos resueltos}}$	100%
	Factores Controlables	Autorización de entidades afectadas	$\frac{\# \text{conflictos encontrados}}{\# \text{autorización DRO}}$	100%
Indicador 02	BIM	Objetivo	Métrica	Meta
	Métricas de Producción	Entregar el diseño en tiempo necesario de acuerdo a las condiciones existentes del sitio	$\frac{\text{Tiempo necesario proyecto}}{\text{Tiempo real proyecto}}$	= ó ± 1 día
	Factores Controlables	Facilitar el proceso de toma de decisiones	# de días para toma de decisión	2 días



Figura 4.7: Descripción de indicadores de BIM.

Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA APLICACIÓN DE VDC



Objetivo de la aplicación de VDC

- Reducción de tiempo en la construcción de la subestructura de las torres en un 10%

Indicador 01	PPM	Objetivo	Métrica	Meta
	Métricas de Producción	Controlar el porcentaje de cumplimiento de actividades programadas cada semana, creando mejoras.		$\frac{\text{Actividades Hechas}}{\text{Actividades Programadas}}$
Factores Controlables	Entrega de programa de obra actualizado		Días antes de la sesión ICE	2 días

Indicador 02	PPM	Objetivo	Métrica	Meta
	Métricas de Producción	Cumplimiento de restricciones liberadas		$\% \text{ PPC} = \frac{\% \text{ Restricciones Resueltas}}{\% \text{ Restricciones Programadas}}$
Factores Controlables	Liberación de actividades con restricciones cumplidas		$\frac{\text{Restricciones Liberadas}}{\text{Restricciones Programadas}}$	>80%



Figura 4.8: Descripción de indicadores de PPM.
Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.

Finalmente, el proceso final basado en VDC que llevó a cabo CASA LEAN se muestra en la siguiente figura:

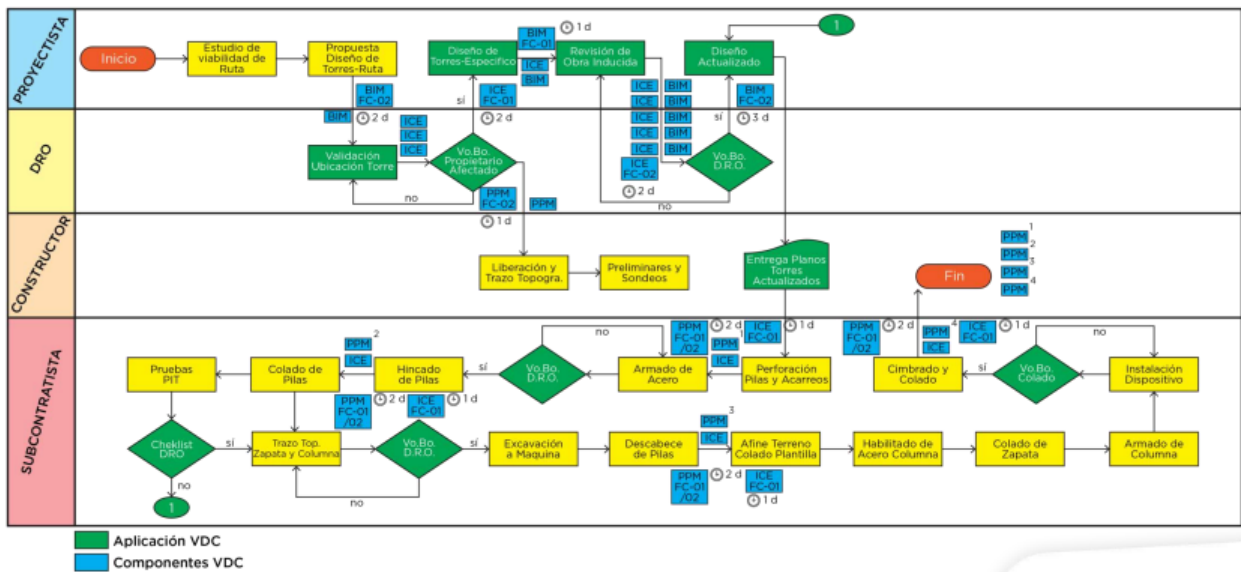


Figura 4.9: Proceso final basado en VDC.
Fuente: Presentación CASA LEAN, II Congreso Internacional VDC.

- Proyecto New Children and Youth Hospital en Bergen, Noruega

En orden de mejorar el flujo del Proyecto, reducir desperdicio, aumentar calidad y eficiencia, se realiza estrategia con foco en VDC, Lean Construction, colaboración digital, uso de métricas.

Summery

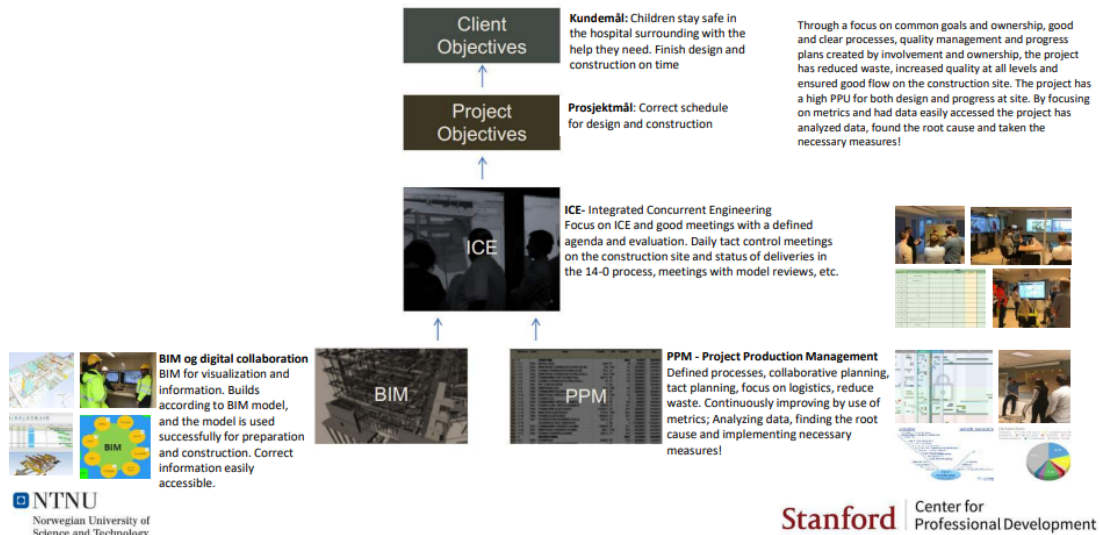


Figura 4.10: Resumen VDC.

Fuente: Presentación Norwegian University of Science and Technology, II Congreso Internacional VDC.

En la figura anterior se muestra el resumen del marco de trabajo VDC que se implementó en el proyecto.

- **Objetivo del cliente:** Los niños se mantienen seguros en los alrededores del hospital con la ayuda que necesitan. Terminar el diseño y la construcción a tiempo.
- **Objetivo del proyecto:** Cronograma correcto para el diseño y la construcción.
- **Integrated Concurrent Engineering (ICE):** Los factores controlables que se identifican junto con las métricas son los que se presentan en la imagen.

	Quantified Controllable Factors	Production Metrics and Targets
ICE	<ul style="list-style-type: none"> • Invite the required decisions makers. • Correct equipment (monitor). • Define meeting objective • Metrics 	<ul style="list-style-type: none"> • All ICE-sections: <ul style="list-style-type: none"> ○ The required decisions makers attended (y/n, %). ○ Necessary decisions where made (y/n, %). ○ The meeting objective was well defined (y/n). ○ Meeting objective reached (y/n).

NTNU
Norwegian University of
Science and Technology

Figura 4.11: Factores controlables ICE.

Fuente: Presentación Norwegian University of Science and Technology, II Congreso Internacional VDC.

- Factores controlables:
 - Invitar a las sesiones a las personas que toman las decisiones.
 - Equipamiento necesario
 - Definición del objetivo de la sesión
 - Métricas
 - Métricas de producción y targets (todas las sesiones ICE):
 - Asistieron los tomadores de decisiones requeridos (sí/no, %)
 - Se tomaron decisiones necesarias (sí/no, %) - El objetivo de la sesión estaba bien definida (sí/no)
 - Se alcanzó el objetivo de la sesión (sí/no)
- **Building Information Modeling (BIM):** Los factores controlables que se identifican junto con las métricas son los que se presentan en la imagen.

	Quantified Controllable Factors	Production Metrics and Targets
BIM	<ul style="list-style-type: none"> • Use of 4D. • Updated 3D-model from all disciplines and produce report from clash-test. 	<ul style="list-style-type: none"> • Track clashes in monthly clash-report, # clashes towards zero. • BIM used in meetings (y/n, # of times). • Issued queries vs. answered queries (%).

Figura 4.12: Factores controlables BIM.

Fuente: Presentación Norwegian University of Science and Technology, II Congreso Internacional VDC.

- Factores controlables:
 - Uso de 4D
 - Modelo 3D actualizado de todas las disciplinas y generación de informes a partir de pruebas de conflicto (interferencias)
 - Métricas de producción
 - Seguimiento de las interferencias en el informe mensual de conflictos, número de conflictos hacia cero
 - BIM utilizado en reuniones (sí/no, número de veces)
 - Consultas emitidas vs consultas respondidas (%)
- **Project Production Management (PPM):** Procesos definidos, planificación colaborativa, planificación con tacto, enfoque en la logística, reducción de residuos. Mejorar continuamente mediante el uso de métricas; Analizar datos, encontrar la causa raíz e implementar las medidas necesarias.

* La empresa de Ingeniería de Aceros Arequipa junto con TSC Innovation, grupo de Aceros Arequipa en Perú trabajan con la metodología Diseño y Construcción Virtual. Los servicios están orientados a la automatización y la transformación digital. En el Primer congreso internacional de VDC el ingeniero Felipe Quiroz realizó una presentación con ejemplos de proyectos donde como empresa utilizaron VDC. Además, la estrategia que siguen es la integración temprana, donde el impacto de cambios es en etapas tempranas como en diseño, por lo que disminuyen los cambios en la etapa de construcción donde hay más costos.

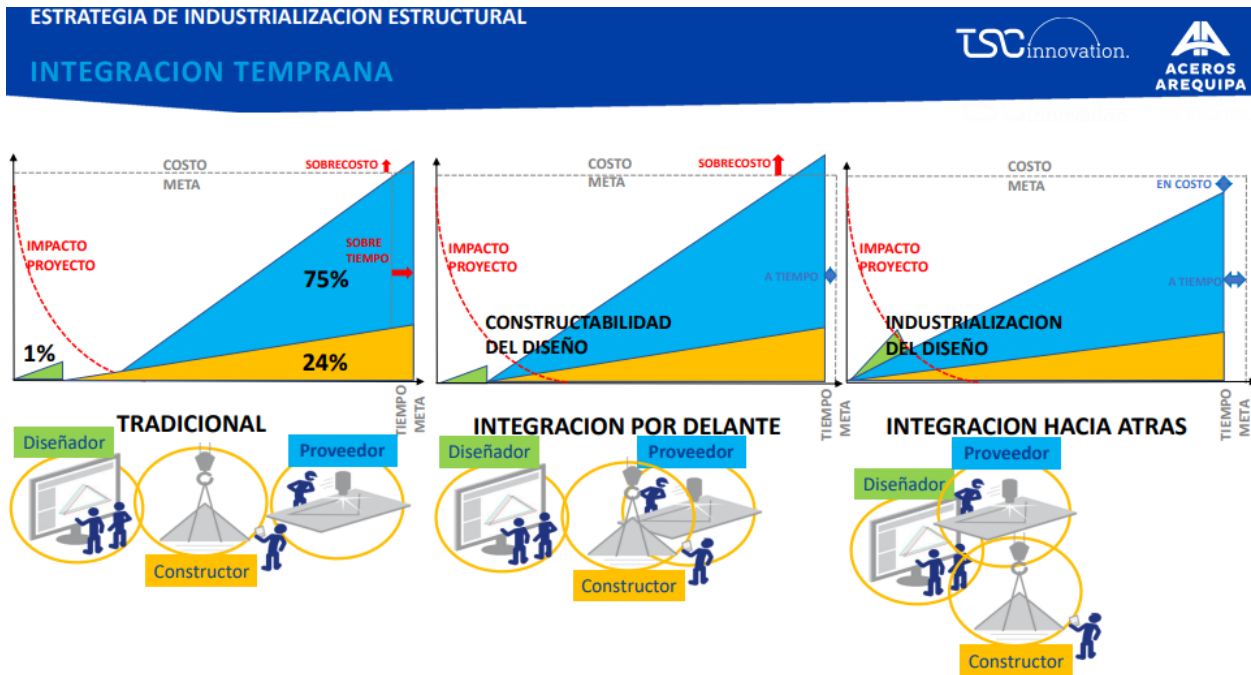


Figura 4.13: Integración temprana.

Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.

A continuación, se presentan algunos ejemplos:

- **Proyecto ACEDIM Aceros Arequipa, Perú**

- **Objetivo del cliente:** Aumentar las ventas de su producto acero prearmado del 30 % a 50 %.
- **Objetivos del proyecto:**
 - 50 % de elementos prearmados en obras de edificación en Lima (Obj. 1)
 - Suministro al 95 % de efectividad (Obj. 2)
- Con una integración temprana se puede ver distintas estrategias de construcción como prearmado o prefabricado.
- Se utiliza modelo BIM LOD 400.

A continuación, se muestra la forma convencional de cómo se realizaría el proyecto sin VDC y otra utilizando la metodología:

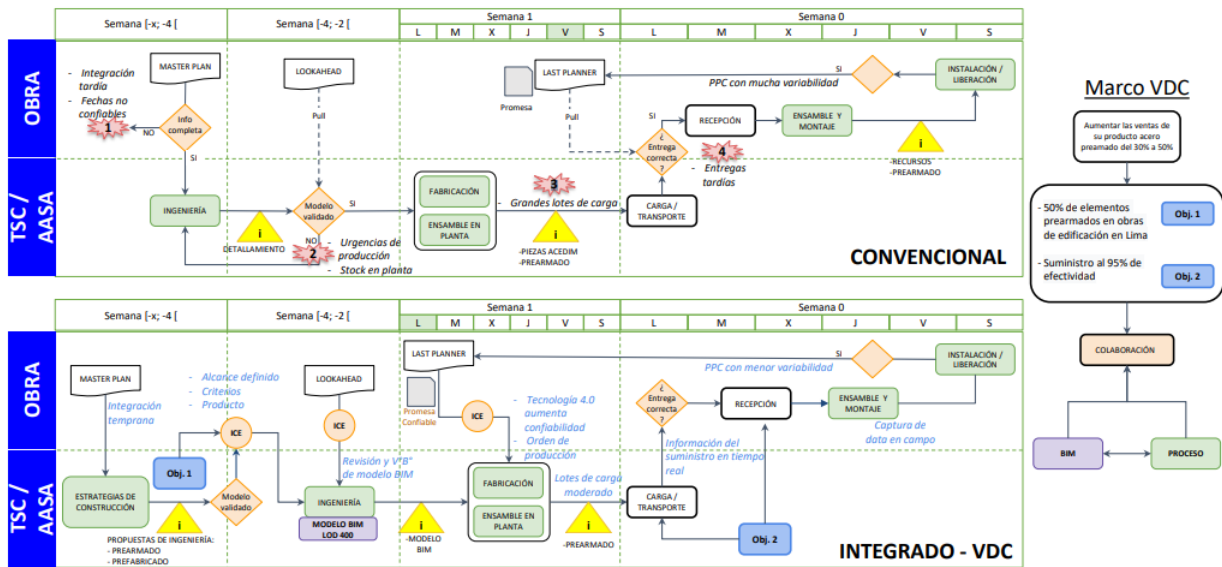


Figura 4.14: Comparación metodología tradicional y VDC.
Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.

- **Proyecto Modernización del Puerto Salaverry, Perú**

- **Objetivo del cliente:** Entrega a tiempo del proyecto
- **Objetivos del proyecto:**
 - 5 % de observaciones como máximo del diseño detallado (Obj. 1)
 - Suministro y recepción a tiempo del acero (Obj. 2)
- **Integrated Concurrent Engineering:** En las sesiones ICE se hace revisión y aprobación de los modelos desde Trimble Connect, también se revisa y aprueba los planos y protocolos de calidad.
- **Building Information Modeling:**
 - Con TEKLA se hace el desarrollo de todo el concreto y armadura y el desarrollo de planos de detallamiento.
 - Con REVIT se hace el desarrollo de arquitectura y especialidades y los planos de montaje de instalaciones.
- **Project Production Management:** Se obtiene el diseño básico mediante sketch y planos expediente, luego se obtiene el modelo construible para luego con la validación se tiene el diseño detallado. Luego, se busca mejorar procesos en fabricación, ensamble, transporte, recepción, diseño básico, montaje prefabricados y tendido de redes.

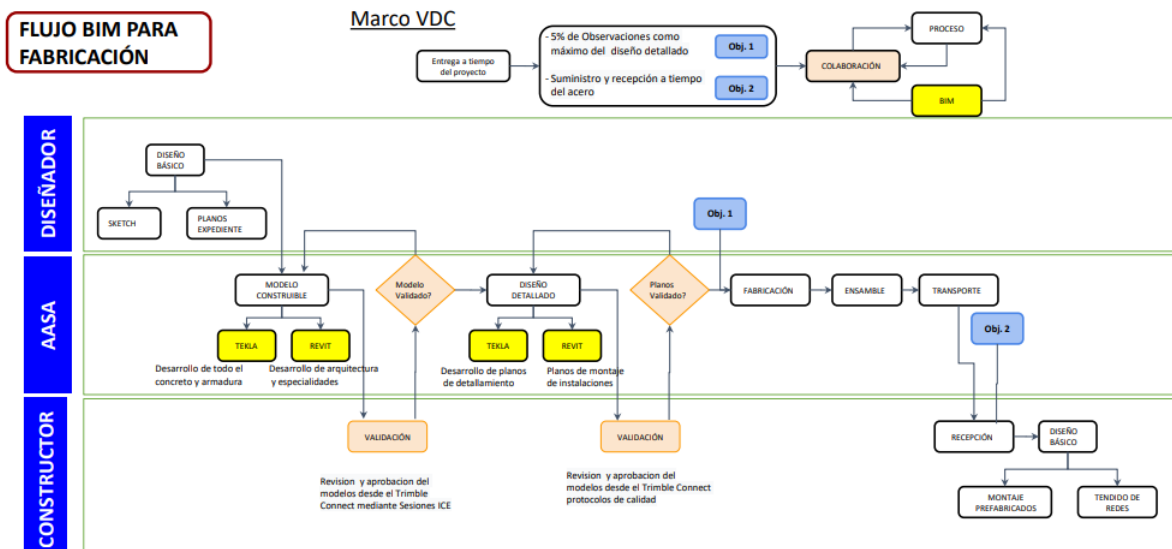


Figura 4.15: Marco VDC para modernización del Puerto Salaverry. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.

- **Proyecto Quellaveco, Perú**

- **Objetivo del cliente:** Reducir la cantidad de personal de fierro en obra en un 15 %, aumentando el rendimiento en el instalado.
- **Objetivos del proyecto:**
 - Aumentar el porcentaje de elementos pre armados de armaduras en estructura de concreto armado de 0 % a >10 %.
- **Integrated Concurrent Engineering:**
 - Generar integración Constructor (GyM)-Consortio BELFI-COSAPI- Diseñador (FLUOR)- Proveedor (TSC-AASA). - Sesiones para validar las opciones de cambio de vaciado in situ a pre armado.
- **Building Information Modeling:**
 - Generar un modelo LOD 400.
 - Generar opciones de montaje.
 - Generar simulación de montaje.
- **Project Production Management:**
 - Generar un proceso que permita el cambio de sistema In situ a pre armado
 - Modelo
 - Compatibilización
 - Constructabilidad
 - Validación
 - Documentación
 - Validación de fabricación



Figura 4.16: Marco VDC para proyecto Quellaveco.

Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.

En la siguiente imagen se puede observar el flujo BIM para fabricación, donde se utiliza Plan Master, LookAhead. Además, hay baja variabilidad de cambio en

campo para la instalación, esto resulta del uso de las 3 componentes de VDC. Se logra también, que piezas con error de fabricación sean reemplazadas en taller y no en campo, lo que implica que se pueden hacer elementos pre armados y en campo solo realizar montaje e instalación.

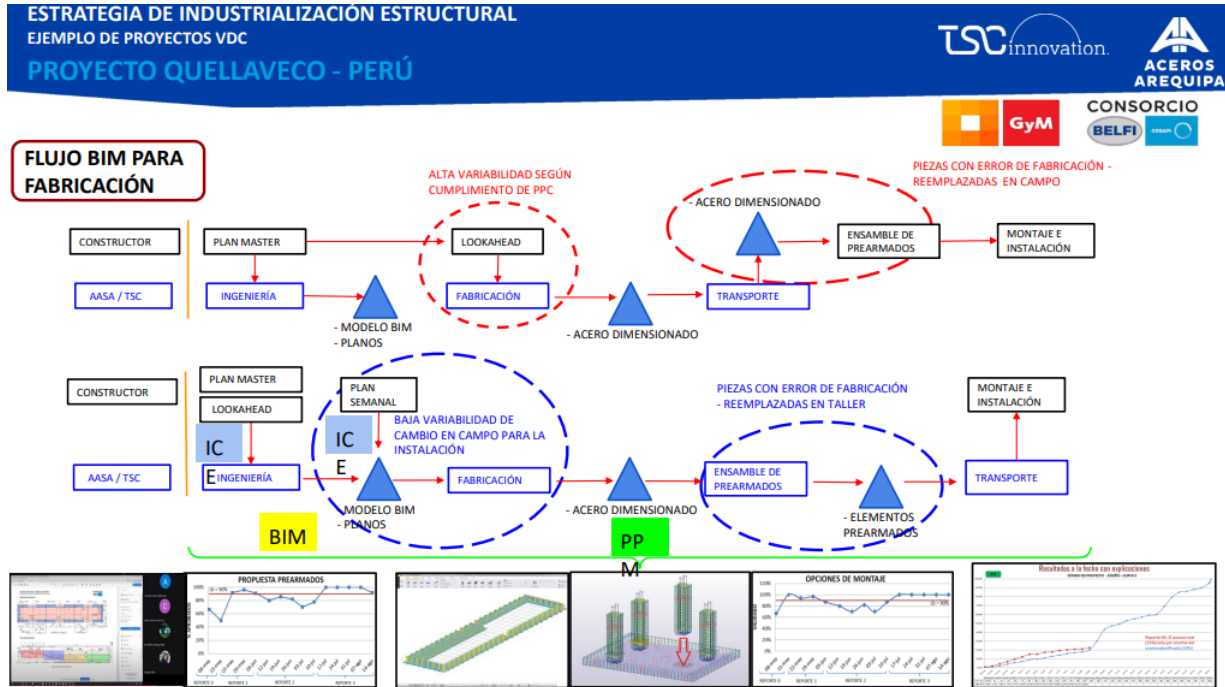


Figura 4.17: Flujo VDC para proyecto Quellaveco.

Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.

- **Proyecto Diseño Puente Kutuctay, Perú**

- **Objetivo del cliente:** Reducción del reproceso en la elaboración del expediente técnico en un 30 %.
- **Objetivo del proyecto:** 90 % de los planos de detallamiento de armadura estructural obtenidos a partir del modelo BIM.
- **Integrated Concurrent Engineering:** Coordinación de ingeniería para modelado e industrialización en diseño, como métrica de rendimiento, se presenta las consultas solucionadas por sesión.
- **Building Information Modeling:** Generación de entregables a partir del modelo BIM, se genera 80 planos desde el modelo BIM y metrado de partidas estructurales obtenidas a partir del modelo BIM.
- **Project Production Management:** Estrategias de industrialización planteadas desde el diseño. Como métrica de rendimiento, se presenta la producción de planos en BIM.

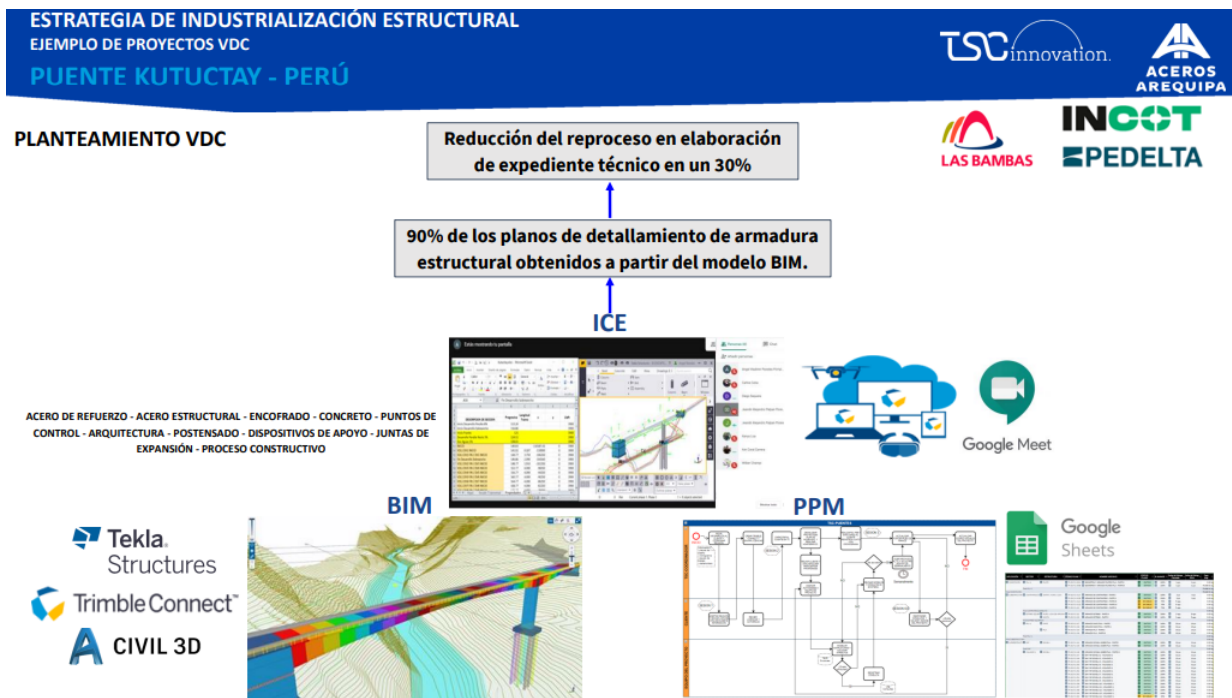
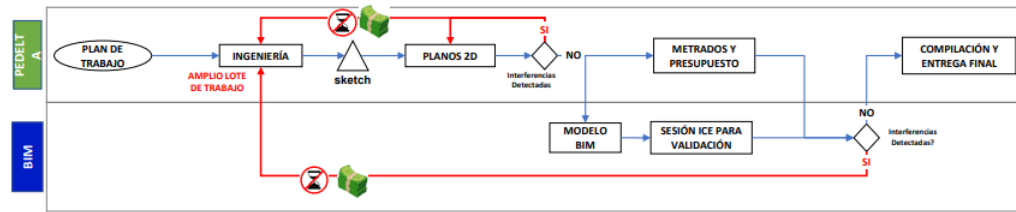


Figura 4.18: Marco VDC para proyecto Puerto Kutuctay.

Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.

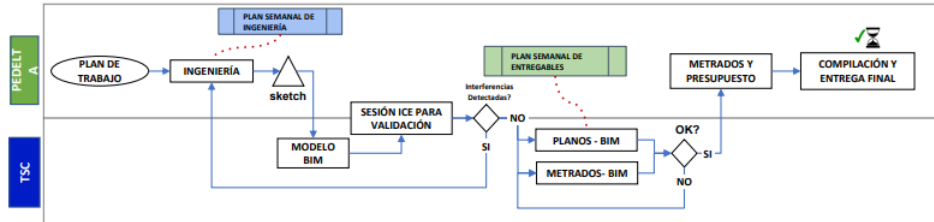
Cuando en el flujo se aplica VDC, se puede notar un mejor orden de los procesos que permite que el proyecto se pueda compatibilizar, sea industrializable y se produzca una reducción de procesos que conlleva a que se cumplan los plazos.

FLUJO INICIAL



CON INTERFERENCIAS
INCOMPATIBILIDADES
NO INDUSTRIAL
CON SOBRECOSTOS
ALTO REPROCESO

FLUJO APLICANDO VDC



COMPATIBILIZADO
INDUSTRIALIZABLE
REDUCCIÓN DE REPROCESO
SE CUMPLE LOS PLAZOS

Figura 4.19: Flujo tradicional y VDC para proyecto Puerto Kutuctay.
Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.

• Proyecto Puente Tingo María, Perú

- **Objetivo del cliente:** Cumplir con el plazo de construcción sin verse perjudicado por la situación actual. Cumplir Plan de entrega de la partida del acero de refuerzo al 100 %.
- **Objetivo del proyecto:** Reducción del 30 % de personal de acero con el uso de prearmados en un 60 % del proyecto total. (Industrializar el acero en módulos prearmados logrará disminuir el personal de instalado aumentando su rendimiento).
- **Integrated Concurrent Engineering (ICE):** Sesiones semanales con Aceros Arequipa, Consorcio Huallaga, Jaen Steel y Tsc Innovation, para validación, consultas y revisión de propuestas para prearmados.
- **Building Information Modeling (BIM):** Generación de modelo BIM LOD 400 para fabricación, incluyendo las variables constructivas identificadas por proceso constructivo. Fabricación directa desde el modelo BIM. Uso de la plataforma Trimble Connect.
- **Project Production Management (PPM):** Se utiliza Last Planner System, programación de recursos instalados.

PLANTEAMIENTO VDC

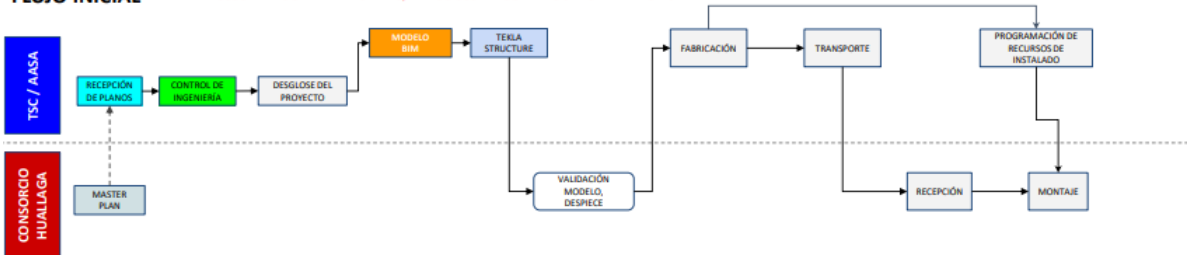


Figura 4.20: Marco VDC para proyecto Puente Atirantado Tingo María.
Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.

Aplicando VDC al flujo, se logra una integración de todos los involucrados, modelo BIM construible, enfoque en industrialización, confiabilidad en el cumplimiento de entrega y liberación de estructuras en el tiempo establecido.

FLUJO INICIAL

DESCOORDINACIÓN ENTRE LAS ÁREAS, REPROCESOS Y PROGRAMACIÓN FUERA DE FECHAS



FLUJO APLICANDO VDC

INTEGRACIÓN DE LOS INVOLUCRADOS, MODELO BIM CONSTRUIBLE, ENFOQUE EN INDUSTRIALIZACIÓN, CONFIABILIDAD EN EL CUMPLIMIENTO DE ENTREGA Y LIBERACIÓN DE ESTRUCTURAS EN EL TIEMPO ESTABLECIDO.

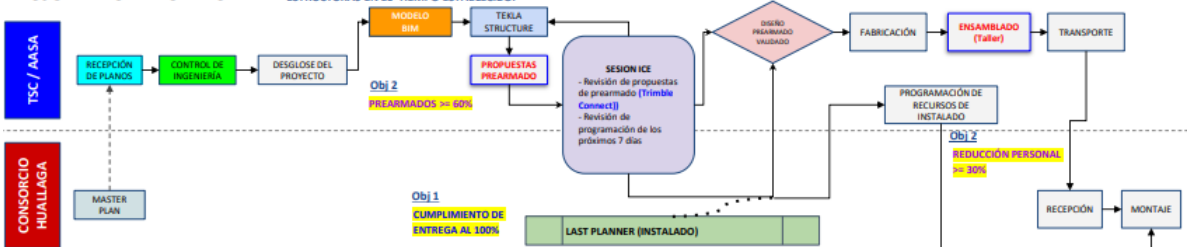


Figura 4.21: Flujo tradicional y VDC para proyecto Puente Atirantado Tingo María.

Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.

• Proyecto Eib Lex, Luxemburgo

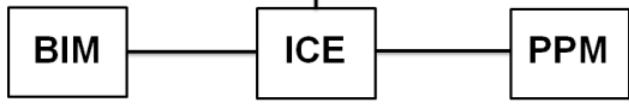
- **Objetivo del cliente:**
 - El edificio debe empezar a operar en el 2023 debido a la falta de capacidad en el edificio actual. 100% del proyecto modelado (EST/ARQ/MEP) = calidad de metros / base para futura ampliación.
 - Especialidades (EST/ARQ/MEP) en LOD 300.
 - Modelo Estructuras = 0%
- **Objetivos del proyecto:**
 - Se busca trabajo colaborativo óptimo (ICE) que permita el desarrollo del proyecto EST/ARQ/MEP sin errores (BIM) y con optimización del tiempo en la producción de entregables (PPM).
 - Optimizar y estandarizar los procesos de producción (modelado concreto armado) (PPM).
- **Integrated Concurrent Engineering (ICE):**
 - Coordinación en tiempo real Perú-Luxemburgo (3HD, TSC/PER-LUX). - Revisión de RFI dependiendo de su clasificación.
- **Building Information Modeling (BIM):**
 - Estrategia de modelado flexible que permita cambios y replanteos debido a incompatibilidades.
 - Lineamientos de modelado compatibles entre ARQ/EST (parámetros extraídos desde los IFC de IDOM).
- **Project Production Management (PPM):**
 - Optimización de flujo de trabajo (producción de planos).
 - Monitoreo constante del proyecto con el fin de evitar retratos o incumplimientos de objetivos.



Resumen de la implementación VDC



Entrega de planos de estructuras LOD 350 (ARQ/EST/MEP) generados desde el modelo de hormigón armado aprobado por todas las especialidades(100% aprobado)
 La entrega de planos de hormigón armado estará definida por un plan propuesto por IDOM y aprobado por TSC.....(100% entregados / 100% aprobados / 0 penalizaciones)



1. Estrategia de modelado flexible que permita cambios y replanteos debido a incompatibilidades.
2. Lineamientos de modelado compatibles entre ARQ/EST (parámetros extraídos desde los IFC de IDOM)

1. Coordinación en tiempo real Perú Luxemburgo (3HD TSC/PER-LUX)
2. Revisión de RFI dependiendo su clasificación

1. Optimización de flujo de trabajo (producción de planos)
2. Monitoreo constante del progreso del proyecto con el fin de evitar retratos o incumplimientos de objetivos (OC+OP)

OC

1. El edificio debe empezar a operar en el 2023 debido a la falta capacidad en el edificio actual (+1500 / ampliación +800)
- 100% del proyecto modelado (EST/ARQ/MEP) = calidad de metros / base para futura ampliación
2. Especialidades (ARQ/EST/MEP) en LOD 300
3. Modelado Estructuras = 0%

OP

1. Se busca trabajo colaborativo óptimo (ICE) que permita el desarrollo del proyecto ARQ/EST/MEP sin errores (BIM) y con optimización del tiempo en la producción de entregables (PPM)
2. Optimizar y Estandarizar los procesos de producción (Modelado concreto armado) (PPM).

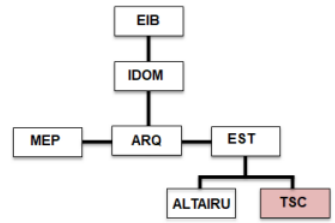


Figura 4.22: Marco VDC para proyecto Eib Lux, Luxemburgo.
 Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.

- **Implementación de VDC en proyecto de Soterrado Línea Alta Tensión Peldehue, Chile**

El proyecto está ubicado en la comuna de Peldehue, al norte de la comuna de Colina, Chile. Se realiza una alianza con la empresa ATC acero de Chile. El proyecto nace de un error en el lugar, donde realizan una línea de alta tensión, pero no notan que impide el uso del aeródromo que se encuentra en frente.

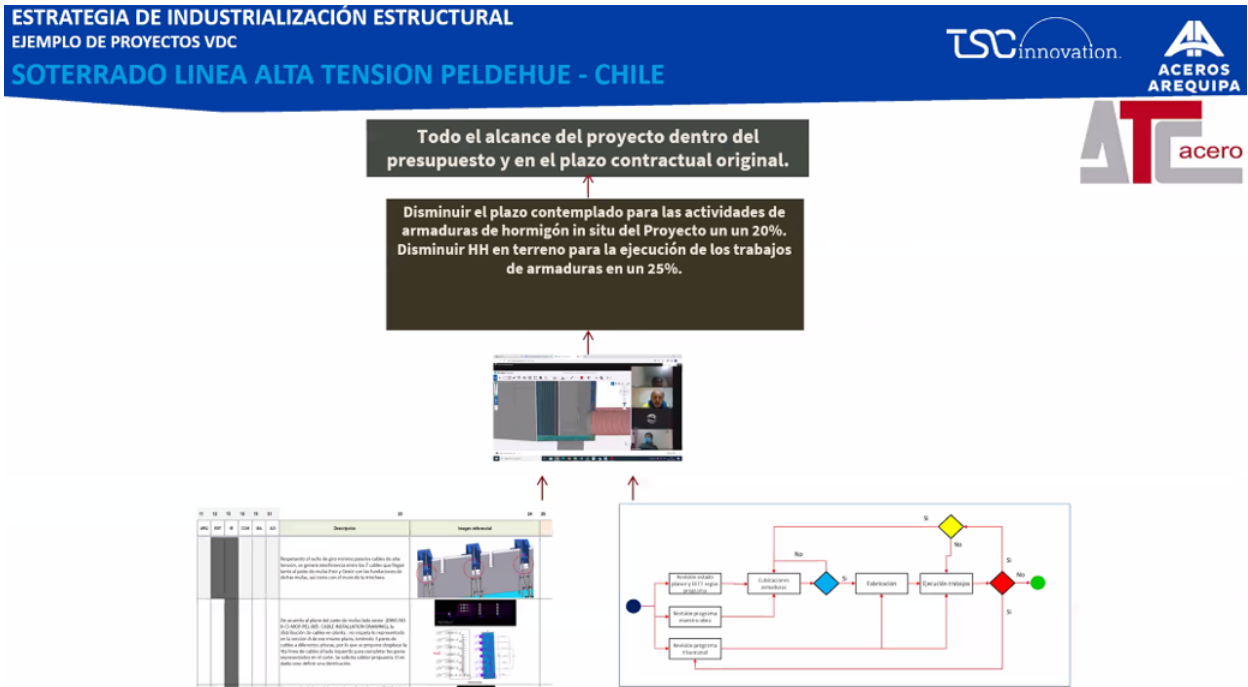


Figura 4.23: Marco VDC para proyecto Soterrado línea de alta tensión. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.

- **Objetivo del cliente:** Todo el alcance del proyecto dentro del presupuesto y en el plazo contractual original.
- **Objetivos del proyecto:**
 - Disminuir el plazo contemplado para las actividades de armaduras de hormigón in situ del proyecto en un 20 %.
 - Disminuir HH en terreno para la ejecución de los trabajos de armaduras en un 25 %.
- **Integrated Concurrent Engineering:** Coordinación en tiempo real Perú-Chile, las estructuras se modelan en Perú y se arman en Chile. En la siguiente imagen se puede observar lo que se modela y lo que finalmente se realiza.



Figura 4.24: Coordinación de modelo y lo que se realiza in situ. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.

- **Building Information Modeling (BIM):**
 - Integración de toda la información.
 - Identificación de interferencias con torres y cables de alta tensión.
- **Project Production Management (PPM):**
 - Integración de especialistas para ofrecer propuestas para demorar menos tiempo.
 - Replanteo de niveles y pendientes para cajones prefabricados por más de 1 km.

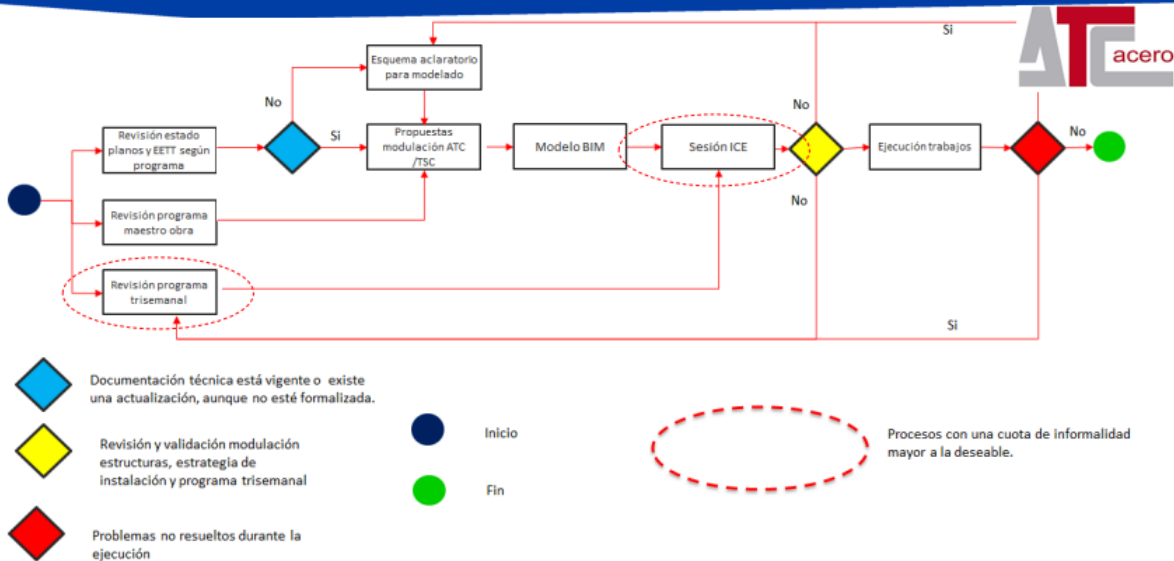


Figura 4.25: PPM del proyecto soterrado de alta tensión Peldehue. Fuente: Presentación Aceros Arequipa, I Congreso Internacional VDC.

4.1.3. Red VDC

4.1.3.1. Red VDC Latinoamérica

Esta red surgió como iniciativa de los primeros certificados en el año 2012 por la Universidad de Stanford, con el fin de generar sinergia de cambios y experiencias en la industria de la construcción.

A mediados del año 2020, se logró concretar el inicio de la Red VDC Latinoamérica con el profesor de Stanford PhD Martin Fisher más un grupo de profesionales certificados, la iniciativa fue lanzada el 13 de mayo del año 2021, y lo que busca es contribuir con la mejora de la eficiencia y eficacia de la construcción en Latinoamérica a través del enfoque VDC creado en el CIFE de la Universidad de Stanford.



Figura 4.26: Logo Red VDC Latinoamérica.
Fuente: Red VDC Latinoamérica.

¿Qué es Red VDC Latinoamérica?

Es una organización sin fines de lucro integrada por profesionales de Latinoamérica, de diversas especialidades y etapas del ciclo de vida del proyecto de construcción, que buscan lograr objetivos del cliente aplicando el enfoque Virtual Design and Construction.

La propuesta es tener esta Red que se ha estado desarrollando (de manera más espontánea en un principio), por lo que se quiere sistematizar en dirección a compartir experiencias, información, realizar visitas a proyectos, visitas a Stanford, y realizar misiones tecnológicas, congresos, webinars. En general, promover el VDC en las diferentes comunidades que se han formado en diferentes países de Latinoamérica.

Propósito/objetivo de la Red VDC

Contribuir a aumentar la productividad de la industria de la construcción Latinoamericana, logrando alcanzar los objetivos de sus clientes y un impacto positivo en la sociedad mediante la aplicación de Virtual Design Construction.

Visión

Ser una red de profesionales certificados en VDC en Latinoamérica que participe en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto para alcanzar los objetivos del cliente aplicando la metodología VDC.

La idea es contribuir activamente en la transformación de la industria de la construcción, promoviendo la colaboración, integración, innovación y tecnología.

Objetivos específicos

- Promover la aplicación de VDC en Latinoamérica.
- Fortalecer la red VDC compartiendo experiencias y alineando el conocimiento.
- Desarrollar la comunidad de profesionales con interacción mundial.

Servicios ofrecidos por la Red

- Acceso a una red de contactos exclusiva con profesionales certificados a nivel del mundo.
- Experiencias integradoras (viajes a la Universidad de Stanford, congresos y ferias de innovación tecnológica).
- Acceso a contenido e información de aplicación de la metodología VDC (casos de aplicación exitosos).
- Acceso diferenciado a webinars y eventos de difusión de la aplicación de VDC en proyectos reales.
- Acceso a información, investigaciones y demás publicaciones relacionadas a VDC.
- Contacto directo con el CIFE de la Universidad de Stanford.
- Participar de la elección de los miembros de la junta directiva.

4.1.3.2. Red VDC Chile

Nace de la Red VDC Latinoamérica, está liderada por Daniel Molina y Walter Meléndez (ambos certificados en VDC) y la idea es poder incorporar a todas las personas que crean y quieren poder colaborar en los distintos ejes de trabajo, los cuales son:

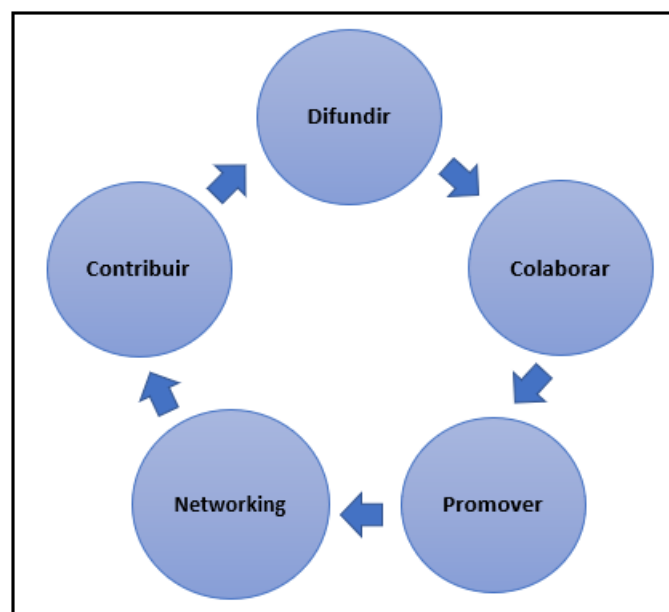


Figura 4.27: Ejes de trabajo, Red VDC Chile.
Fuente: Adaptado de “Lanzamiento Red VDC Latinoamérica.”

El primer eje que es difundir es uno de los más importantes, ya que lo principal es que se dé a conocer esta metodología que es relativamente nueva y así los profesionales queden interesados y comiencen a querer certificarse y usar la metodología en sus propios proyectos. Luego, la idea es que la red pueda colaborar con las personas que quieran saber más de Virtual Design and Construction y entregar la información necesaria para que sean parte de la red y así poder hacer networking entre todos los profesionales que saben y quieren saber sobre VDC. Además, es importante contribuir al ecosistema de la construcción, al ecosistema industrial de todo lo que corresponde a poder mejorar las metodologías y aprender nuevas cosas.

Existe un plan estratégico de difusión, donde están involucrados distintos actores del área de la construcción en Chile, como es el BIM Forum Chile, la Cámara Chilena de la Construcción y el CDT (ver que significan las siglas) en los cuales hay distintas personas que tienen conocimiento sobre VDC y buscan difundir la metodología en esos espacios. Además, está la conexión que se tiene con la Universidad de Lima y el Zigurat Global Institute of Technology.

Plan estratégico de difusión:

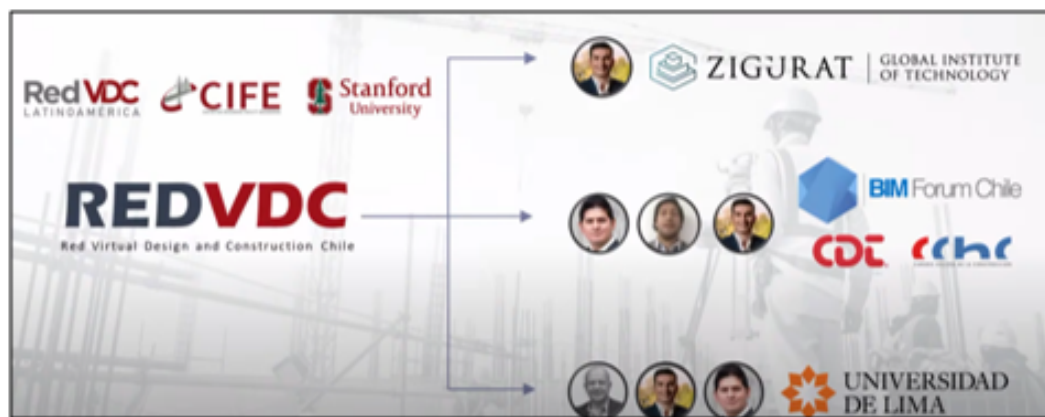


Figura 4.28: Contenido Programa Internacional VDC 2021-2022.

Fuente: II Congreso internacional VDC.

Otra iniciativa que tiene la Red es tener embajadores, donde los tesisistas que estén interesados en las metodologías como Lean, VDC (enfoque principal de la Red), BIM, AWP, IPD, Last Planner, PMI, se puedan impulsar y que los profesionales puedan acompañar a estos memoristas/tesisistas de la Universidad para tener nuevos conocimientos y difundirlos.

Para ser parte de la RED VDC CHILE existe un formulario de ingreso a la organización, la cual sirve para poder elaborar una base de datos y así hacer comunicación mediante correo, además del grupo de WhatsApp que existe, que corresponde a una comunicación más rápida y directa.

Además, existe un grupo en LinkedIn que se llama Red VDC Chile, el cual se utiliza también como canal de comunicación para poder difundir, y donde también se suben papers que pueden ser de utilidad en la información que contienen para los distintos profesionales que son parte del grupo.

4.2. Resultados de las entrevistas

Se presenta un cuadro resumen con los comentarios a destacar de las entrevistas tipo 1 que corresponde a personas que son certificadas en VDC y tipo 2 de personas que no lo son.

Tabla 4.1: Resumen resultado entrevistas.

Fuente: Elaboración propia

Tipo de entrevista	Cargo entrevistado/a	Comentarios a destacar
1	CEO en Fourplan y certificado en VDC	En Chile, el proceso de transformación digital no está abordado de manera clara y hay desinformación en poder mejorar los procesos. Además, no se entiende el alcance que puede llegar a tener VDC.
1	Administrador de obra en Ikonnex Grupo Inmobiliario y certificado en VDC	Una vez que se visibilizaron casos de éxito con la metodología VDC, se fue haciendo más masivo y ya no se piensa sólo para un grupo selecto, es por esto que se comienza a difundir para que más personas se certifiquen. Con respecto a estandarizar VDC, comenta que esta metodología es un poco más dinámica.
1	Director de Ingeniería Civil, Universidad Andrés Bello y certificado en VDC	VDC no es ampliamente conocido en Chile, si se compara con BIM, puede ser como estaba BIM hace 10 años atrás. Con respecto a introducir VDC en el sector público o privado, indica que habría un poder más transformador haciéndolo desde el sector público, pero la idea es que se haga por ambos lados.
2	Gerente de Proyectos de la división El Teniente, CO-DELCO	Sería beneficioso utilizar la metodología, pero la forma que trabajan es fragmentada entre etapas y no hay un tipo de contrato ganar-ganar. Además, recién están implementando BIM y todavía hay cuestionamientos de cómo hacerlo.
2	Coordinadora Planbim CORFO	VDC puede generar grandes beneficios a los proyectos. Sin embargo, hay barreras culturales y hasta de uso de tecnología donde hay un atraso. Otra barrera es que muchas veces las etapas de un proyecto se conciben como proyectos particulares, donde no se puede mantener un hilo, por lo que el proyecto va perdiendo valor en cada etapa.
2	Jefe de Proyecto de Ingeniería en Hatch	No había escuchado el nombre VDC, pero indica que su empresa está comenzando a hacer cosas similares. Sin embargo, pesar de que ya se hacen algunas cosas, falta que sea integrado. Como principal barrera, comenta que es dar a conocer la metodología, por lo que hay que mostrar proyectos exitosos y sus beneficios.

4.3. Resultados de las encuestas

Los objetivos de la encuesta realizada se pueden separar en dos:

- Obtener información acerca del nivel de conocimiento y percepción que tienen los trabajadores del rubro de la construcción e ingeniería sobre VDC.
- Obtener percepciones sobre la factibilidad de implementar la metodología en sus proyectos, empresas y áreas de trabajo, considerando los beneficios y barreras que conlleva su implementación.

Como fue dicho anteriormente, la encuesta fue desarrollada mediante la plataforma de formularios Google Forms, y fue distribuida por distintos canales digitales.

A continuación, se presentan los gráficos obtenidos de la encuesta. En las primeras 3 preguntas se obtiene el registro del perfil de los 41 encuestados, la mayoría tiene profesión Ingeniero/a Civil, también la mayoría tiene 15 o más años de experiencia y con la tercera pregunta se puede observar que la mayoría tiene más experiencia en proyectos de minería:

1. Seleccione su profesión

41 respuestas

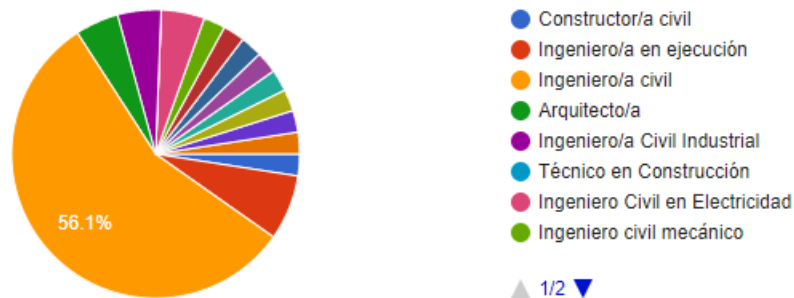


Figura 4.29: Profesión de encuestados.

Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

2. Años de experiencia profesional

41 respuestas

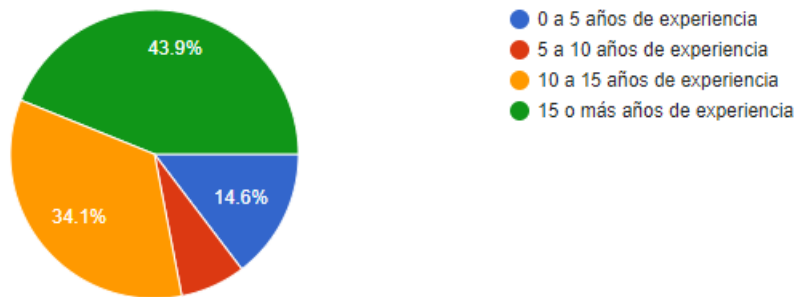


Figura 4.30: Años de experiencia profesional de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

3. Seleccione el tipo de proyecto en el cual se considera con mayor experiencia (en el que más se ha especializado)

41 respuestas

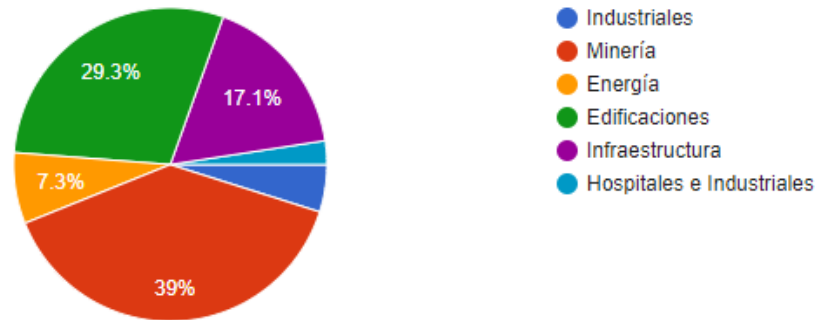


Figura 4.31: Tipo de proyecto en que encuestado se considera con mayor experiencia.

Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

Posteriormente, se realizaron consultas para obtener el nivel de conocimiento que tienen los encuestados acerca de Virtual Design and Construction y las metodologías que la integran, tales como BIM, ICE y PPM.

Con respecto a la pregunta 4, todos los encuestados han oído hablar alguna vez de BIM, y el 80 % lo ha utilizado alguna vez. Este es un alto porcentaje, que muestra el cambio que se ha ido generando en la industria gracias a las iniciativas que ha llevado a cabo el gobierno como lo es el programa Construye 2025, que tiene distintos ejes estratégicos y dentro de esto está la transformación digital, donde BIM se ha impulsado fuertemente mediante PlanBim.

4. En su opinión, ¿Qué nivel de conocimiento tiene de la metodología Building Information Modeling (BIM)?

41 respuestas

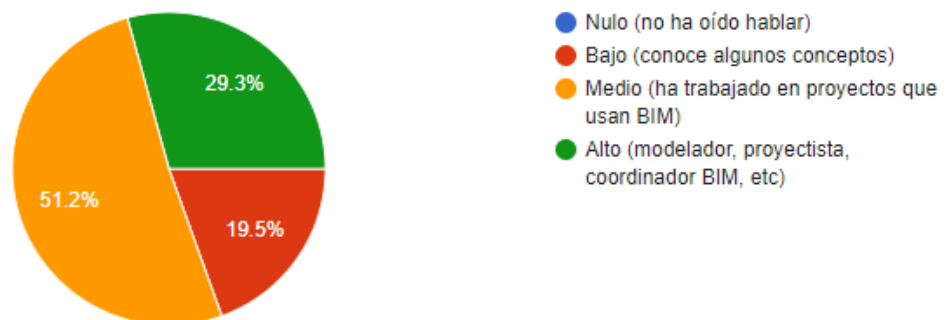


Figura 4.32: Nivel de conocimiento que encuestado tiene sobre BIM.

Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

Según las respuestas de la pregunta 5, hay un 39 % de personas que no ha oído hablar de Integrated Concurrent Engineering y sólo un 27 % ha trabajado alguna vez en proyectos con sesiones ICE. Este último porcentaje es bajo, lo que indica que aún hay proyectos donde hay un alto flujo de Solicitud de Información, por lo que no se resuelven rápido las interferencias o dudas que puede haber.

5. En su opinión, ¿Qué nivel de conocimiento tiene de la metodología Integrated Concurrent Engineering (ICE)?

41 respuestas

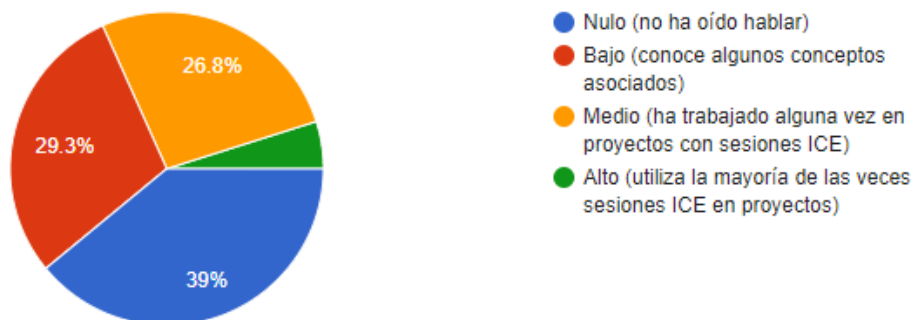


Figura 4.33: Nivel de conocimiento que encuestado tiene sobre ICE.
Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

En la pregunta 6 se puede observar que un 29.3 % no ha oído hablar de PPM y de la misma forma que con ICE, solo un 29.3 % lo ha utilizado alguna vez, lo cual indica que la mayoría de las personas encuestadas aún utiliza una forma tradicional de ver la gestión del proyecto, y no utiliza la gestión de los procesos que se llevan a cabo.

6. En su opinión, ¿Qué nivel de conocimiento tiene de la metodología Project Production Management (PPM)?

41 respuestas

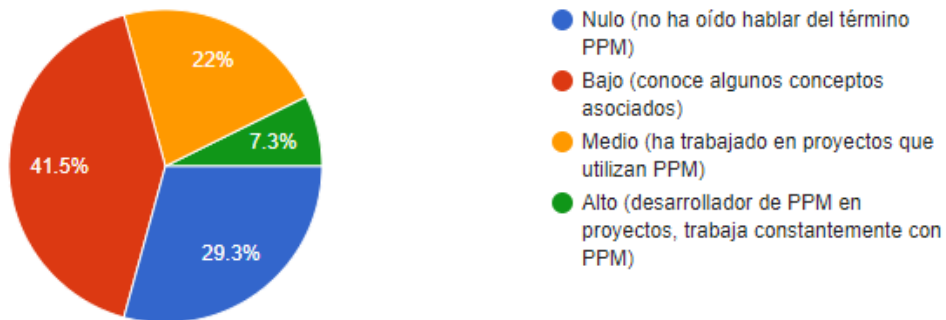


Figura 4.34: Nivel de conocimiento que encuestado tiene sobre PPM.
Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

Del gráfico de la pregunta 7, se puede observar que un 34.1 % ha utilizado VDC alguna vez. Sin embargo, la mayoría sólo ha escuchado conceptos asociados a la metodología o en algunos casos no sabe nada acerca de esta, lo que indica que no hay una gran transformación con respecto a cómo se aborda un proyecto, ya que las prácticas que se llevan aún son las tradicionales.

7. Luego de haber leído la infografía. En su opinión, ¿Tenía algún nivel de conocimiento de Virtual Design and Construction?

41 respuestas

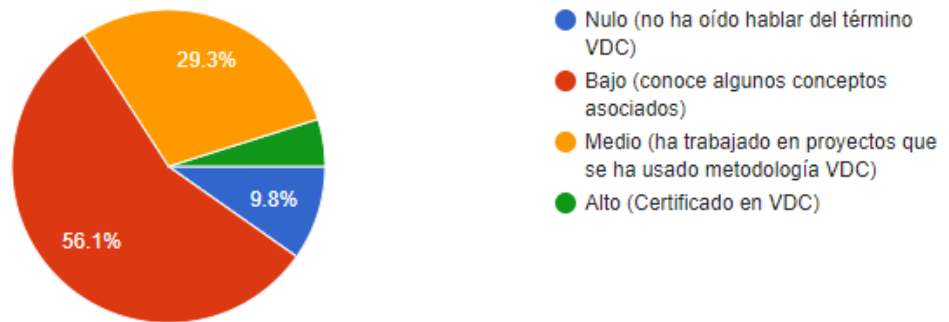


Figura 4.35: Nivel de conocimiento que encuestado tiene sobre VDC.
Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

Con respecto a la aplicabilidad de VDC según el tipo de proyecto, el 31.7 % de las personas encuestadas cree que es más aplicable en proyectos de minería y un 24.4 % en proyectos de edificación. Esto puede indicar que al ser la minería un área con recursos, es posible implementar de mejor forma la metodología.

8. Según su conocimiento acerca la metodología Virtual Design and Construction, ¿En qué tipo de proyectos cree que es más aplicable?

41 respuestas

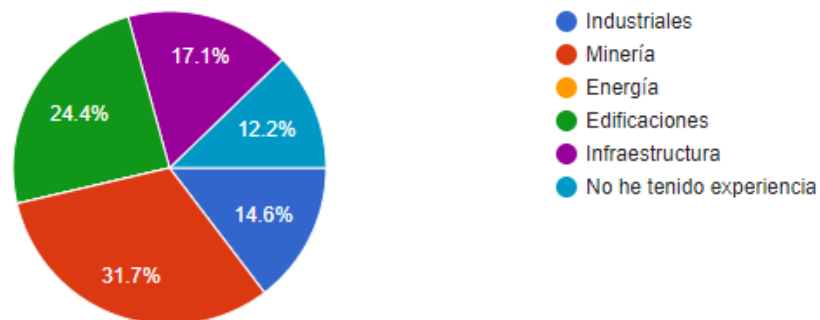


Figura 4.36: Aplicabilidad de VDC según tipo de proyecto según encuestados.
Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

Según lo que los encuestados entienden por VDC, un 46.3% cree que VDC se está utilizando con otro nombre como Lean BIM, BIM 4D o 5D. El 36.6% no está seguro y sólo un 14.6% cree que no se utiliza con otro nombre. Esto muestra que la metodología VDC no es conocida de forma íntegra y, por lo tanto, cuando se está aplicando VDC, en realidad las personas creen que es otra cosa u otro concepto que se parece.

9. Según lo que entiende por VDC, ¿cree que en Chile se está utilizando VDC con otro nombre, como Lean BIM, BIM 4D, 5D?

41 respuestas

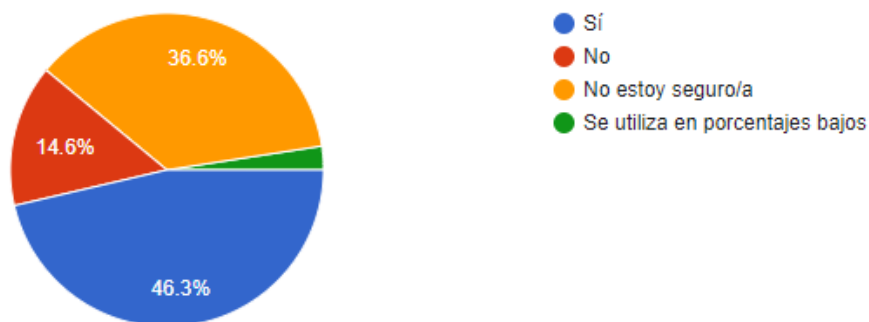


Figura 4.37: Utilización de VDC en Chile, pero utilizado con otro nombre.
Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

La tercera y última parte de la encuesta consta de preguntas acerca de cuál es la percepción acerca de cómo sería implementar la metodología VDC en Chile y la certificación de personas, teniendo en cuenta cómo ha ido avanzando Perú en estos ámbitos.

En la pregunta 10 se consulta sobre la factibilidad de armar un grupo de profesionales que quiera realizar la certificación en VDC, el 100% está de acuerdo en algún grado. Por lo tanto, se puede notar un interés por realizar un cambio en la forma de llevar los proyectos.

10. Usted consideraría factible poder armar un grupo de profesionales de distintas empresas que estén interesadas para la certificación en VDC, para seguir con la promoción y uso de esta metodología.

41 respuestas

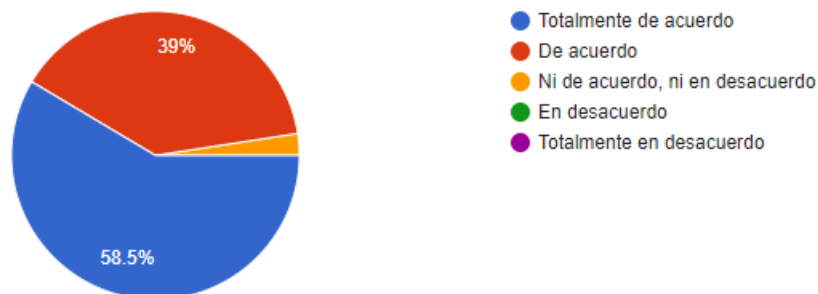


Figura 4.38: Factibilidad para juntar personas para certificación en VDC.
Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

Las respuestas de la pregunta 11 muestran que las 3 principales barreras son:

- 1º Personas y empresas resistentes al cambio (56.1 %)
- 2º Desinformación de poder mejorar los procesos (29.3 %)
- 3º Alto costo de implementación (26.8 %)

Esto muestra que se prefiere continuar con las prácticas tradicionales, que no proporcionan un avance real en el camino de mejorar la industria con nuevas técnicas y metodologías.

11. ¿Cuál o cuáles cree que sean las barreras para poder implementar de manera masiva la metodología VDC en Chile?

41 respuestas

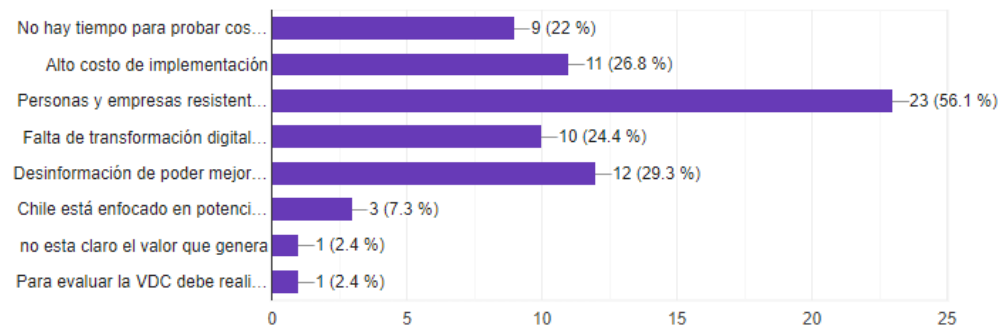


Figura 4.39: Percepción encuestados sobre barreras de implementación.
Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

La pregunta 12 entrega una visión de lo que los encuestados tienen sobre implementar VDC en proyectos. El 75.6 % indica que es una gran oportunidad para mejorar el desarrollo de los proyectos, mientras que el 25 % restante está entre evaluar el riesgo de implementación y creer que es difícil de implementar. Esta respuesta es una buena señal, ya que la mayoría piensa que vale la pena conocer la metodología, estudiarla y luego implementarla.

12. VDC produce un cambio a la forma tradicional de trabajo, ya que esta metodología requiere de mucha colaboración, transparencia, coordinación y simultaneidad de los actores involucrados en el desarrollo del proyecto. ¿Qué percepción tiene respecto de la implementación de VDC en un proyecto, en el ámbito de la ingeniería y construcción en Chile?

41 respuestas

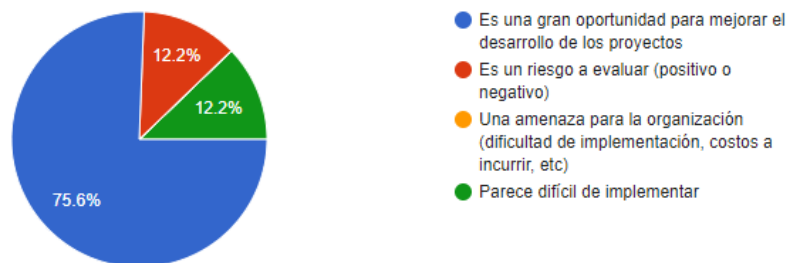


Figura 4.40: Percepción sobre implementación de VDC en Chile.
Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

Con respecto a la pregunta 13, la mayoría de los encuestados piensa que sería beneficioso utilizar la metodología en su empresa, lo que indica que la persona cree que es posible poner los recursos, el tiempo y la disposición del equipo para trabajar con la metodología.

13. ¿Cree que sería beneficioso utilizar la metodología VDC en los proyectos que realiza su empresa?

41 respuestas

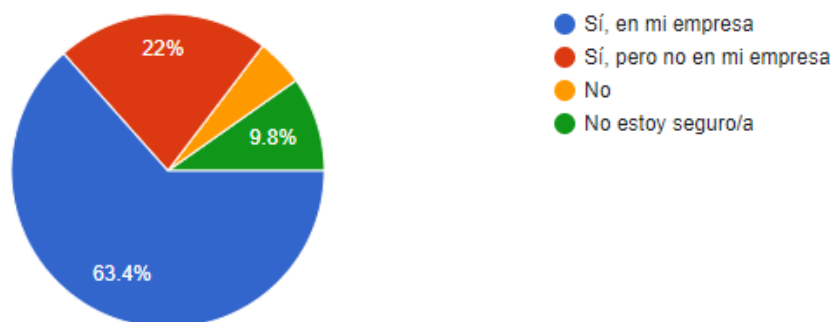


Figura 4.41: Percepción encuestados acerca si es beneficioso implementar VDC en proyectos en Chile.

Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

Finalmente, en la última pregunta de la encuesta, se busca saber la opinión de los profesionales acerca de cómo sería más fácil introducir VDC en la industria chilena, si en el sector privado o público. En este caso, el 82.9% cree que es en el sector privado.

14. En su opinión, ¿VDC sería más fácil introducirlo al sector privado o público en Chile?

41 respuestas

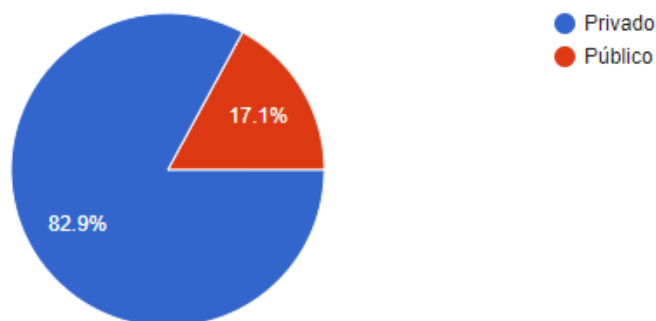


Figura 4.42: Percepción encuestados acerca si es beneficioso implementar en proyectos públicos o privados.

Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

Capítulo 5

Propuesta de plan de implementación de la metodología Diseño y Construcción Virtual (VDC)

La siguiente propuesta se realiza luego de revisar la información recolectada de las diferentes fuentes bibliográficas y en base a la evidencia levantada en entrevistas y encuestas a profesionales calificados. El primer concepto que se debe entender al momento de implementar una nueva metodología, corresponde a la “gestión del cambio”, que busca facilitar y conseguir la implementación exitosa de los procesos de transformación. Una vez interiorizado este concepto, el primer paso que se propone es importante, ya que a partir de esto se puede plantear una estrategia y mediante un proceso incremental, ir cumpliendo los objetivos de cada fase. Esto se debe a que, como cada proceso de cambio, no se aplica VDC desde la primera vez, eso depende de la madurez en cuanto a tecnologías y metodologías de cada empresa y a partir de eso ir avanzando en el uso de la metodología hasta llegar a un punto en que se automatice la forma de gestionar el proyecto. A continuación, se presenta el plan de implementación:

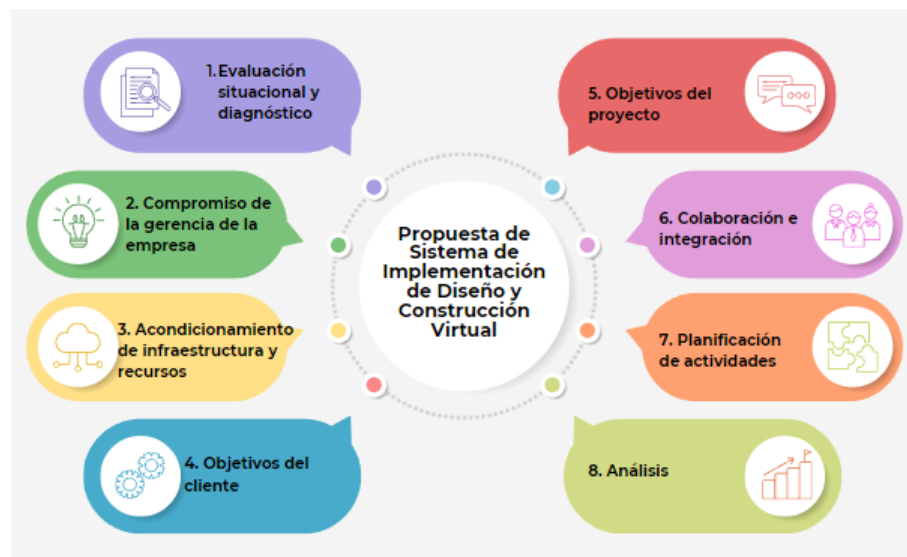


Figura 5.1: Propuesta sistema implementación VDC en proyectos en Chile.
Fuente: Elaboración propia.

1º Evaluación situacional y diagnóstico



Figura 5.2: Evaluación situacional y diagnóstico.
Fuente: Elaboración propia.

En este tipo de evaluaciones es muy importante un análisis previo para poder planear una estrategia de implementación adecuada, donde se parte de un análisis más interno de la empresa para luego enfocarse en el tipo de proyecto y finalmente planear la estrategia de implementación. Se propone realizarlo en el siguiente orden secuencial:

- Identificar cultura empresarial u organizativa
- Identificar nivel de madurez de la empresa (nivel de madurez BIM, LEAN, etc.).
- Identificar el tipo de contratación (se sugiere tipo de contratación de trabajo colaborativo como NEC o bajo un modelo IPD).
- Identificar tipo de proyecto.
- Planear estrategia para implementación incluyendo gestión del cambio.

Contratos Colaborativos

En el tipo de contratación tradicional en la construcción, que es donde mandantes y contratistas se protegen de riesgos y resguardan sus intereses comerciales, se ven distintos resultados que no aportan a la productividad, tales como, alargamiento de plazos, incremento en costos, deficiencia en calidad y seguridad en la obra.

Una alternativa que ya se ha utilizado en varios países como EE.UU. o Perú, donde se ha obtenido éxito, son los contratos colaborativos, que tienen la función de que las partes involucradas del proyecto trabajen conjuntamente desde un principio (integración temprana), con el objetivo de que se reduzcan riesgos e incertidumbres. Los principios de los contratos colaborativos son los siguientes:



Figura 5.3: Principios de contratos colaborativos.

Fuente: Conferencia: Dirección de proyectos aplicando PMO, contratos NEC y BIM/VDC.

Existen distintos tipos de contratos colaborativos que se están utilizando en diferentes partes del mundo. Sin embargo, se recomienda utilizar el tipo New Engineering Contract (NEC) que se ha usado en distintas obras privadas y públicas en Inglaterra y otros países. Los contratos NEC presentan las siguientes características:



Figura 5.4: Características contratos NEC.

Fuente: Conferencia: Dirección de proyectos aplicando PMO, contratos NEC y BIM/VDC.

En este caso, NEC 3 opción F, que corresponde a New Engineering Contract tercera edición, opción F – Management Contract. Este tipo de contrato permite empezar el proyecto con mayor rapidez y además tiene las siguientes características:

- El contratista subcontrata todas, o la gran mayoría, de las obras.
- El Contratista es responsable para gestionar el diseño y la construcción de la obra dentro del plazo contractual y a la calidad estipulada.
- El contratista debe mantener buenos registros de los costos reales.
- El pago es sujeto a costos desestimados.

Los actores del contrato NEC 3 opción F serían los siguientes:

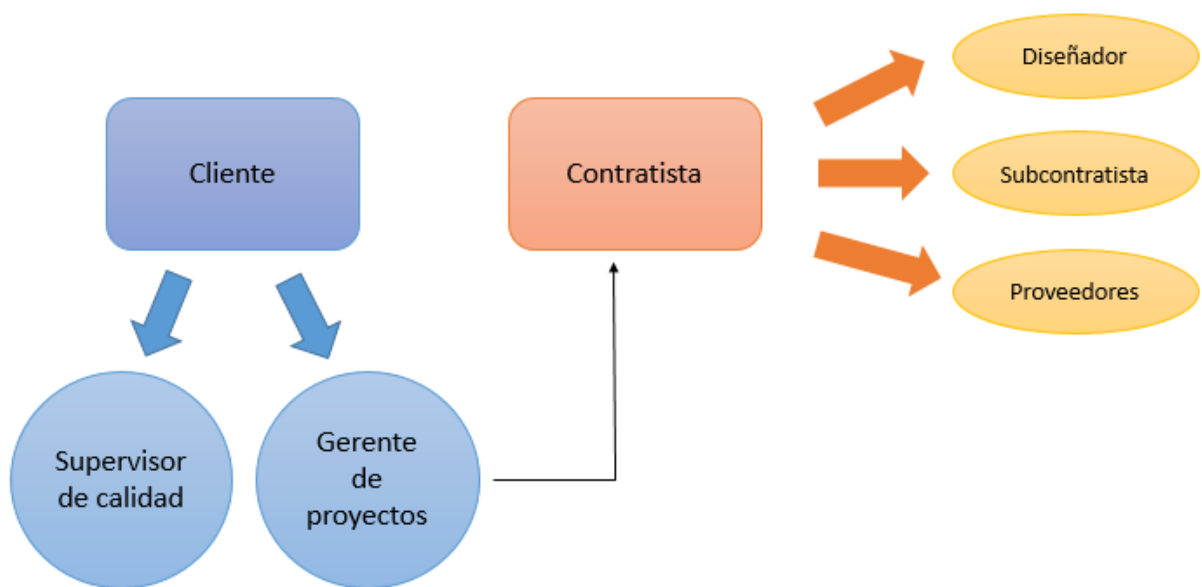


Figura 5.5: Actores contratos NEC.

Fuente: Conferencia: Dirección de proyectos aplicando PMO, contratos NEC y BIM/VDC.

Los pasos que se recomienda seguir para que se utilice este tipo de contratos es el siguiente:

1. Definir el costo objetivo en el anteproyecto, esto significa transparencia total de los costos directos e indirectos.
2. Pactar la gestión del riesgo, que son las desviaciones positivas respecto al costo objetivo esperado.
3. Todos los agentes principales participan desde el inicio en la gestión con unos objetivos y valores acordados.

2º Compromiso de la gerencia de la empresa

Compromiso de la gerencia de la empresa

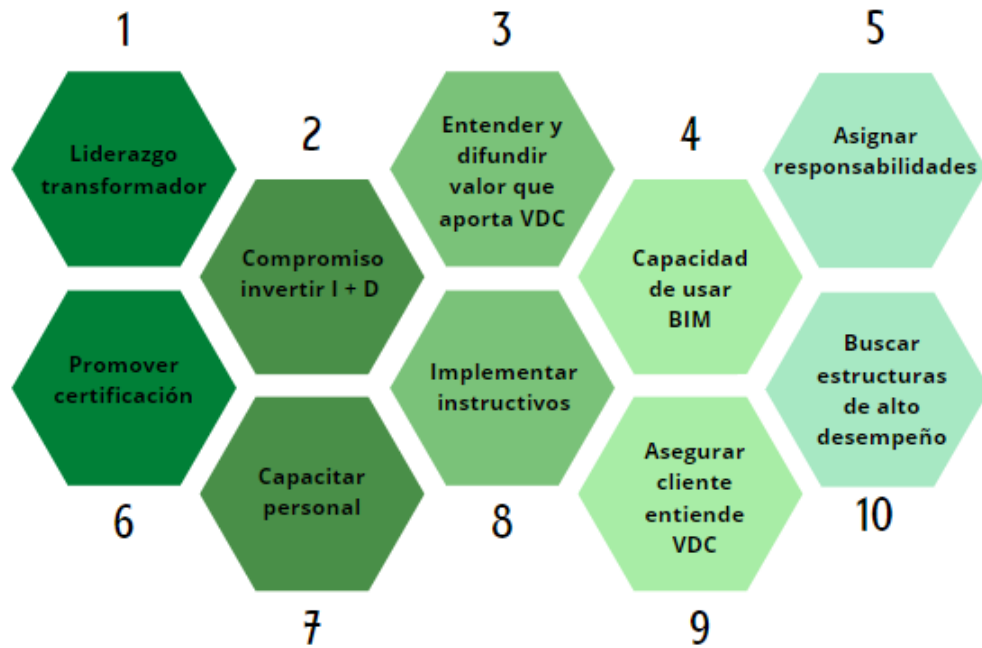


Figura 5.6: Compromiso gerencia de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

- Se requiere de un liderazgo transformador, ya que en gran parte es un cambio social, por lo que debe existir una disposición al cambio, por ejemplo, impulsar uso de contratos que incentiven la colaboración.
- Compromiso de invertir en investigación y desarrollo.
- Entender y difundir evidencia del valor que aporta VDC como motivación.
- Capacidad de colaborar y coordinar bajo los procesos BIM.
- Asignación de responsabilidades para el desarrollo del plan de implementación que cubra también todos los impactos por los cambios en la institución.
- Promover que gente de la empresa se certifique en VDC.
- Capacitar personal involucrado por personas certificadas en VDC para entender las distintas estrategias y que exista la capacidad de trabajar bajo esta metodología.
- Implementar estándares o instructivos que sirvan de lineamiento o guía para que se trabaje de forma correcta frente a una nueva metodología de trabajo, ya que esto permite saber que se realizará, para qué y cuál es el objetivo.
- Asegurar que cliente este informado acerca de la metodología para que haya un entendimiento integrado de lo que se puede lograr hacer con VDC.

- Buscar que las infraestructuras que se realicen sean infraestructuras de alto desempeño, lo que significa que cumpla con 4 características:
 - Construable: La infraestructura puede construirse de manera segura y efectiva
 - Utilizable: La infraestructura es adecuada para lo que sea que se use
 - Operable: La infraestructura es fácil y eficiente de mantener
 - Sostenible: La infraestructura no daña a las personas o al medio ambiente

3º Acondicionamiento de infraestructura y recursos



Figura 5.7: Acondicionamiento de infraestructura y recursos.
Fuente: Elaboración propia.

- Creación del área VDC (equipo)
- Creación estructura organizacional, se sugiere que en el organigrama de gerencia de operaciones se integre la Gestión de VDC.
 - > Jefe VDC (líder) -> Coordinadores -> Modeladores
- Reforzar equipamiento de sala de sesiones ICE, esto es necesario para que existan las comodidades para que se haga fluida la interacción que se debe tener en las sesiones. Para esto, se sugiere agregar:
 - PC BIM adicional
 - Pizarra acrílica
 - Proyector adicional
 - Rack de proyector
- Reforzar tecnología BIM
 - Elección de Software
 - Elección de Hardware
 - Mejoramiento Banda Ancha

El objetivo es elaborar un flujo de la información eficiente identificando qué información se debe generar, por quién, para quién, cuándo y cómo. De esta forma, es posible hacer una planificación y una elección de vehículos de información que permita una mejor productividad.

Algunos ejemplos de software BIM que se utilizan para modelamiento o gestión son los siguientes:

	MODELAMIENTO			GESTIÓN		
	Arquitectura	Estructura	MEP	Clash Check	4D	5D
TEKLA		X		X	X	
REVIT	X	X	X	X		
BENTLEY	X	X	X	X	X	
ARCHICAD	X			X	X	
VICO				X	X	X
SYNCRO				X	X	X
NAVISWORKS				X	X	X

Fuente: (Costos Educa, 2018)

Figura 5.8: Ejemplos software BIM.

Fuente: Costos Educa, 2018.

USO BIM	DISCIPLINA	SOFTWARE
DISEÑO Y MODELADO	Arquitectura y especialidades	Autodesk REVIT
DISEÑO Y MODELADO	Estructuras	TEKLA/ REVIT
INTEGRACIÓN DE MODELOS Y REVISIÓN	Todas	Autodesk/ NAVISWORKS
DISEÑO – GENERACIÓN DE PLANOS	Arquitectura y especialidades	Autodesk REVIT
DISEÑO – GENERACIÓN DE PLANOS	Estructuras	TEKLA
SESIONES ICE	Todas	Autodesk NAVISWORKS/ AUTOCAD
NAVEGACIÓN DE MODELO AVANZADA	Arquitectura	NAVISGAME. Desarrollado por PROISAC y de uso exclusivo
GENERACIÓN Y REVISIÓN DE PLANOS	Todas	Microsoft Excel
COMPARTIR ARCHIVOS DE COORDINACIÓN	Todas	Dropbox

Fuente: Costos Educa, 2018

Figura 5.9: Ejemplos software BIM con su uso y disciplina.

Fuente: Costos Educa, 2018.

Una vez teniendo todos los puntos anteriores, al recibir un proyecto hay que considerar lo siguiente:

4° Objetivos del cliente



Figura 5.10: Objetivos del cliente.

Fuente: Elaboración propia.

- Definir objetivos del cliente y que todos estén al tanto de estos.
- Definir necesidades a satisfacer
- Establecer obligaciones contractuales
- Estudiar bases de licitaciones
- Generar confianza mediante transparencia

5° Objetivos del proyecto

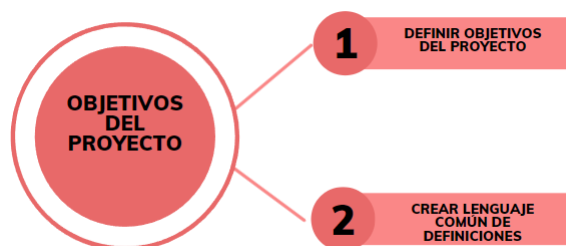


Figura 5.11: Objetivos del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

- Definir los objetivos del proyecto que el equipo debe conseguir, estos deben estar alineados con los del cliente.
- Definir un lenguaje común de definiciones de los procesos con respecto al contexto VDC para una comunicación más fluida.

6º Colaboración e integración

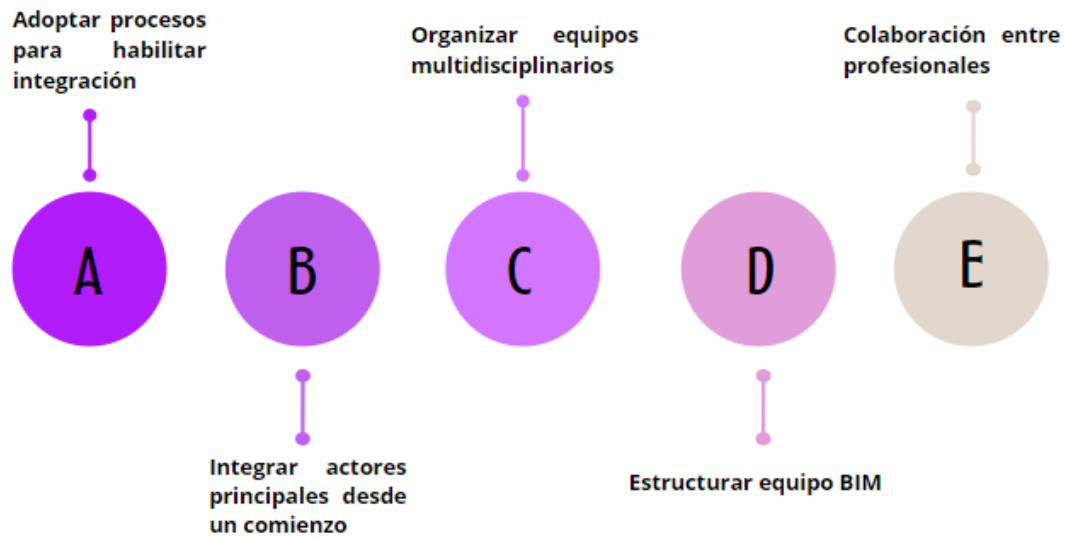


Figura 5.12: Colaboración e integración.

Fuente: Elaboración propia.

a) Adaptar procesos para habilitar la integración, a través de la adopción de estándares y dejar disponible toda la información.

b) Integrar actores principales desde un comienzo: Se busca una colaboración temprana en el diseño para ver constructabilidad del proyecto.

- Propietario o cliente
- Contratista general
- Diseñadores

c) Organizar equipos multidisciplinarios:

- Adopción de contratos entre los actores principales que alineen incentivos, compartan riesgos y beneficios, y determinen responsabilidades, lo que favorece la colaboración en todo el proyecto.
- Asignar y reconocer el rol del ingeniero o coordinador VDC en la obra (persona líder)
- Buscar personas idóneas para el manejo BIM
- Establecer principales involucrados y definir sus roles a lo largo del proyecto, también se debe definir la conexión entre los integrantes del equipo.

d) Estructurar equipo BIM:

- Coordinador BIM: Guía y proporciona directrices, relación estrecha con el jefe del proyecto
- Ingeniero diseñador
- Subcontratistas y proveedores

e) Colaboración entre profesionales: En las sesiones ICE, los diseñadores, contratistas, modeladores, clientes y todos los invitados pueden mapear procesos internos, y decidir cómo formular y divulgar la información. Además de ponerse de acuerdo en el flujo de trabajo, cómo se responde y cuánto tiempo debería llevar responder consultas para optimizar el tiempo. En ese sentido, con la asistencia y participación en las ICE se reducen los tiempos de respuesta cuando se realizan consultas, se generan nuevos planes, se generan nuevos reportes. Esto asegurará que cada participante esté comprometido, activo e interesado en continuar participando activamente en la implementación del enfoque VDC.

7º Planificación de actividades

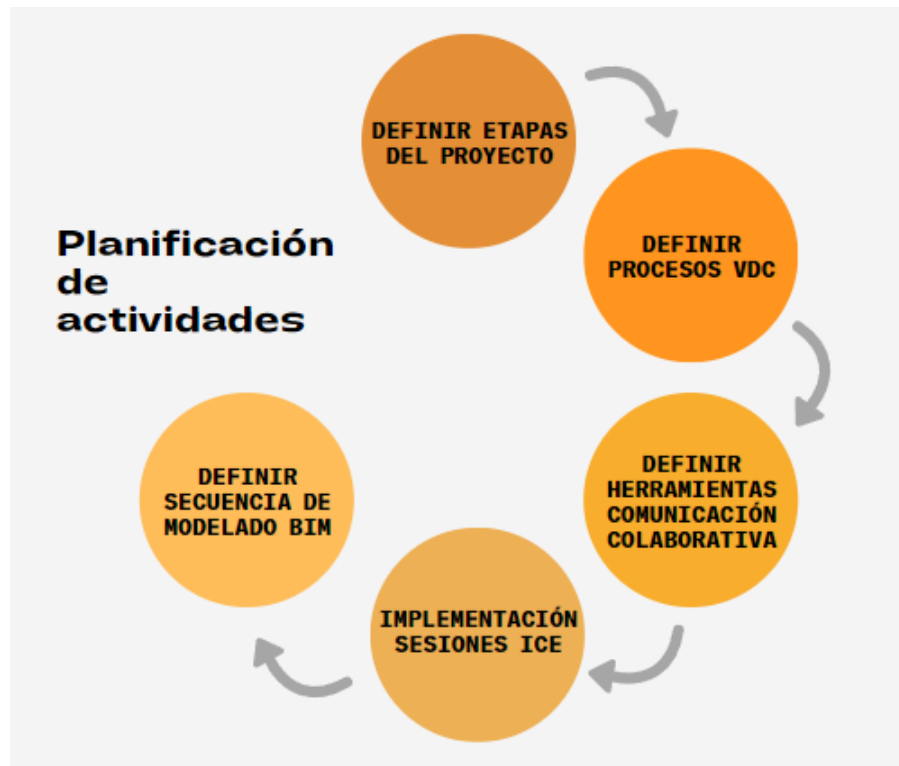


Figura 5.13: Planificación de actividades.

Fuente: Elaboración propia.

- En primer lugar, definir 5 etapas durante el proyecto con el objetivo de tener una planificación con un contexto temporal coherente, poder discernir entre los tipos de información que se genera en cada etapa temporal y entender cuáles personajes y en qué grado deben estar implicados en cada una. Estas etapas son:

- Diseño inicial
- Elaboración del proyecto
- Pre construcción
- Construcción
- Uso y mantenimiento

- Se debe definir procesos críticos para VDC, hitos y las correspondientes actividades.
- Planificar sesión ICE donde se establezca una comunicación colaborativa, óptima, entendible y apta para todas las personas. Se propone utilizar Dropbox con el objetivo de sincronizar archivos para que sea accesible la información para todos desde cualquier computador.
- Implementación de las sesiones ICE
 - Definir tipo de sesión
 - En cuál etapa del proyecto
 - Con qué frecuencia
 - Participantes esenciales

A continuación, se presenta un ejemplo de cómo se puede implementar las sesiones ICE a lo largo de un proyecto, cabe decir que cada proyecto tendrá su propia planificación. Además, cada sesión debe tener un objetivo definido para lograr los resultados que se esperan.

TIPO DE REUNIÓN	ETAPA	FRECUENCIA	PARTICIPANTES ESENCIALES
Reunión de inicio BIM	Anteproyecto	Al inicio	Todos los involucrados
Presentación del Plan de Ejecución BIM	Proyecto	Al inicio	Cliente
Coordinación de criterios de diseño	Anteproyecto/ Proyecto	Semanal	Todos los involucrados
Coordinación de revisión de modelos 3D	Anteproyecto/ Proyecto	Semanal	Todos los involucrados
Capacitación en procedimientos BIM	Proyecto	Quincenal	Especialistas
Reunión de planificación de avances y entregas	Todas	Semanal	Especialistas

Figura 5.14: Ejemplo planificación.
Fuente: Modificado Costos Educa, 2018.

- Definir secuencia de modelado BIM, a grandes rasgos está el siguiente ejemplo:
 - Diseño conceptual: Diseño de modelo de las propuestas que nace de la idea que se tiene de la futura estructura, donde se observa espacios, áreas, formas y entorno.
 - Elaboración del proyecto: Coordinar criterios de diseño y consideraciones técnicas.
 - Estructuración: Precisión de dimensiones, materiales y se define la arquitectura del proyecto de acuerdo a las normas que se establecieron.

- Pre dimensionar el modelo de estructuras según el modelo de arquitectura. Se propone utilizar Revit ya que el software permite guardar archivos con formato IFC, lo que ayuda a conectar el modelo con Etabs o SAP que corresponden a softwares de cálculo. Otro beneficio que existe es que toda la información que genera está integrada en el modelo, por lo que si ocurre algún cambio este se actualiza de forma automatizada.
- En la etapa de diseño se debe integrar toda la información de elementos para uso en fases posteriores.
- Se propone utilizar LOD 400 en estructura y arquitectura, ya que estar completamente integrados y compatibilizados se puede revisar, por ejemplo, interferencias. Además, se puede conocer la constructabilidad del proyecto de forma más gráfica, ya que se puede visualizar en detalle cada elemento.
- Pre Construcción: Se propone el uso de Naviswork, ya que se puede compatibilizar con Revit. El modelo tridimensional es exportado y se evalúa, analiza y simula según una nueva dimensión que corresponde al tiempo. Es posible vincular partidas, elementos y propiedades gracias a los parámetros creados en Revit. Las actividades principales son la gestión de presupuesto, adjudicación, planificación, inconsistencias, etc.
- Construcción: Con Naviswork se visualizan fechas, partidas vínculos y propiedades que se necesitan para la simulación 4D. La base de datos se puede vincular a programas como Excel, Ms Project y Primavera, lo que ayuda en la programación de la obra. La actividad principal es la gestión de la obra, costes y planificación.
- Operación y mantenimiento: Se propone utilizar los softwares BIM para la gestión y planificación del mantenimiento. Además, se utiliza por si es necesario la realización de proyectos de reparación, mejora o ampliación.

8° Análisis

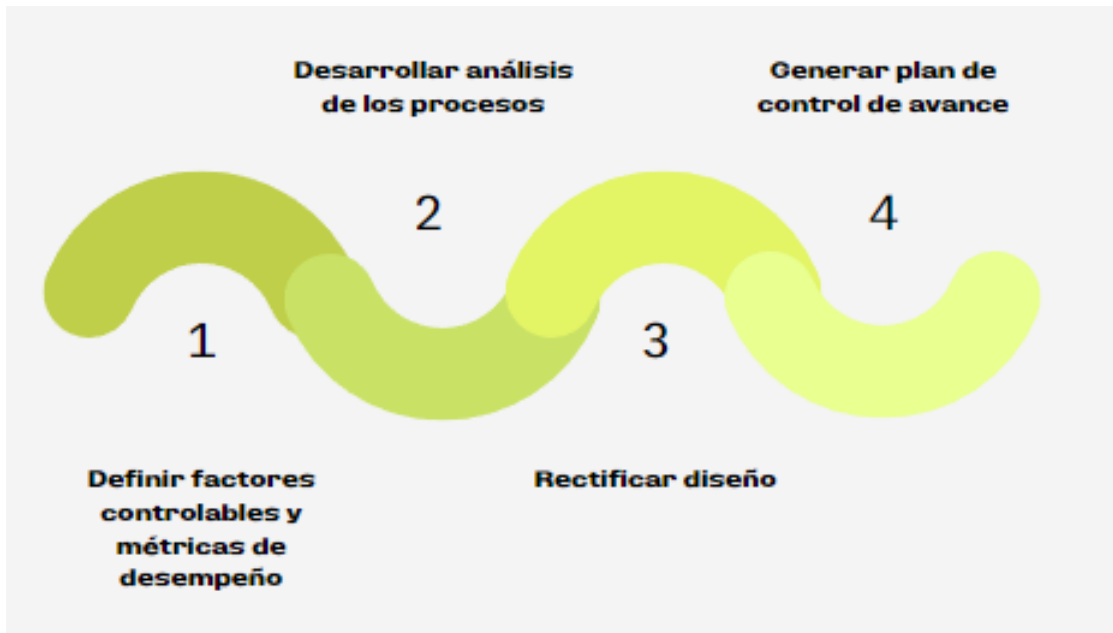


Figura 5.15: Análisis.
Fuente: Elaboración propia.

- Definir factores controlables y métricas para medir el desempeño para cada componente (BIM, ICE, PPM), junto con los objetivos del cliente y proyecto, estos tienen que ser establecidos para con ellos generar mapa de procesos, flujo de procesos, optimizar actividades, ver opción de prefabricación, etc.
- Desarrollar análisis de los procesos, ya que se pueden automatizar, simplificar. Además, es posible que se evalúen distintos escenarios donde se obtenga el mejor resultado en cuanto a técnica y dinero.
- Rectificar diseño: Se propone estar realizando constantemente la pregunta si el diseño cumple con los requerimientos, normativas, confort, rentabilidad y lo principal que son los objetivos del cliente y del proyecto.
- Generar plan de control de avance de la implementación y evaluación para mejoras.

Otra recomendación, es comenzar con desarrollar un proyecto simple y menor tamaño, el cual sirva como piloto.

Capítulo 6

Conclusiones

6.1. Nivel de desarrollo y uso

En primer lugar, con respecto a los objetivos de la memoria, se logró conocer y entender de qué se trata la metodología VDC, que es de autoría de la Universidad de Stanford y cada uno de los componentes que están integrados en ella. Además, se pudo estudiar el uso de la metodología en proyectos de infraestructura en el extranjero y en Chile, donde se puede observar que en Chile no se ha utilizado durante todo el ciclo de vida de un proyecto de infraestructura, sino, por ejemplo, solo en la parte de diseño de las armaduras del proyecto y su logística de armado. Sin embargo, en países como Perú, Estados Unidos, Noruega y Suiza, entre otros, se reportan varios casos de éxito a considerar.

El desarrollo de este trabajo de título arrojó importantes conclusiones relacionadas con el diagnóstico inicial del estado del arte en Chile. Con respecto al conocimiento de VDC, se concluye que no es suficiente y además hace falta difusión. Actualmente se habla más de la metodología BIM, la cual nace en Inglaterra como un sistema para un trabajo colaborativo con énfasis en el modelo virtual, en cambio, VDC nace en California, EE.UU., como un concepto donde se plantean los objetivos del cliente y proyecto como foco principal y utiliza BIM, ICE y PPM. Si bien es una gran iniciativa que BIM ya está en implementación de proyectos públicos (Planbim) y privados, se recomienda el uso de VDC porque permite usar BIM de mejor manera. Además, ya se cuenta con algunos avances en cuanto a reconocimiento de la metodología, pues se cuenta con la Red VDC Chile desde el año 2020.

6.2. Conocimiento y opinión de comunidad profesional:

Según la opinión de los expertos entrevistados y encuestados, se concluye que a pesar de que existe una tendencia a querer implementar innovaciones de carácter organizacional, metodológico, tecnológico y contractual, no se cuenta con suficiente madurez como industria para desarrollar proyectos de infraestructura con VDC en Chile masivamente, debido a distintos obstáculos. Sin embargo, según el análisis de factibilidad de aplicación de la metodología, se puede observar distintos casos éxito, donde se logra cumplir con los objetivos del cliente y del proyecto, lo cual evidencia el valor que aporta VDC.

En consecuencia, en este trabajo de título se logra evaluar mediante las encuestas y en-

entrevistas realizadas, las distintas recomendaciones y también barreras que existen. Por lo que con estos antecedentes se puede crear un sistema de implementación de la metodología, lo cual hace más factible la aplicación de esta. Las barreras que se comentan son la poca innovación por la cultura resistente al cambio, la desinformación de poder mejorar los procesos, el alto costo de implementación y la poca difusión del tema, ya que, por ejemplo, según los resultados de las encuestas la mayoría sólo conoce BIM y no PPM, ICE o VDC. Sin embargo, se reconoce que los beneficios pueden ser muchos, ya que, al estar el sector fragmentado, VDC surge como una solución para que los proyectos se lleven a cabo de forma integrada y colaborativa entre las distintas etapas. Otro punto que plantean los expertos es que esta metodología sea parte de la formación académica de los distintos involucrados en los proyectos, ya que desde ahí se puede generar un cambio también. Actualmente, lo más cercano que existe son cursos que se están impartiendo en algunas universidades de Chile, pero la certificación en Latinoamérica sólo se está llevando a cabo en la Universidad de Lima por la unión que tiene hace algunos años con la Universidad de Stanford.

6.3. Plan de implementación:

Si bien a nivel individual se pueden conseguir grandes mejorías en productividad con VDC, el verdadero salto cualitativo viene por un uso generalizado de todos los actores dentro de la industria de la construcción, desde las personas que intervienen en el diseño hasta en el uso y mantenimiento. Por un lado, puede ser más fácil introducir VDC en el sector privado, sin embargo, haciéndolo en el sector público provocaría que los cambios se hicieran de forma inmediata. En el presente trabajo de título, se formula una propuesta de estrategia de implementación de la metodología Diseño y Construcción Virtual cuyo objetivo es ayudar en el proceso de cambio y que sirva como opción para mejorar la gestión del producto, las personas y el proceso. Este plan de implementación está validado por los profesionales expertos certificados en VDC, el Sr. Daniel Molina y Sr. Walter Meléndez que concuerdan con los pasos entregados en el plan como una guía para implementar la metodología y lograr mejorar la productividad en la empresa aplicada.

Se concluye que es importante el primer paso donde se debe hacer una evaluación situacional y diagnóstico, ya que con esto se tiene un punto de partida para saber qué se necesita hacer para completar el plan. Luego, se tiene el compromiso de la gerencia, donde se tiene que generar el cambio y para continuar, acondicionar infraestructura y recursos. Teniendo estos puntos, se busca seguir con el resto del marco de trabajo de VDC, que corresponde a definir los objetivos del cliente y del proyecto, definir cómo será la colaboración entre las personas y la integración de la información, para luego planificar las actividades y con estos puntos hacer el análisis correspondiente.

Adicionalmente, es importante mencionar que el plan diseñado es susceptible a ser optimizado y mejorado continuamente con el fin de que sirva como herramienta para una mejora principalmente en la productividad del sector.

6.4. Requisitos para implementación:

Uno de los puntos importantes antes de utilizar la metodología VDC es el diagnóstico que se debe hacer como empresa para saber qué tan factible es la implementación de VDC.

Dentro de esto, la parte contractual es uno de los puntos que más genera discusión. Es por esto que, de acuerdo con las prácticas como empresas de gran valor como metro, donde se observa que se le haría difícil poner en marcha este tipo de gestión de proyectos porque su sistema de licitación y contratación es fragmentado, es decir, secuencial. Es por esto, que se concluye que es necesario que dueños o mandantes entiendan que con VDC es necesario cambiar la estrategia de contratos, donde la principal tarea es construir y mantener en el tiempo relaciones de confianza y colaboración. Y, además, evaluar las propias capacidades de la empresa y la preparación del personal para enfrentar el cambio.

En general, este tipo de contrato busca la compartición del riesgo entre el mandante y el contratista frente a contingencias que surjan y que exista una integración temprana que permita concentrar esfuerzos en la parte de diseño para que los costos no se eleven si existen cambios en las siguientes etapas.

En la metodología tradicional de ejecución de proyectos, ver figura 6.1, incluso usando BIM; diseñador, proveedor y constructor tienen contratos independientes, ya que no hay una integración temprana. En cambio, VDC exige incorporar una mayor cantidad de involucrados desde la ingeniería de detalle con la participación del constructor y proveedores para realizar la pre-construcción virtual, ver figura 6.2.

Fases del proyecto en un contexto tradicional:

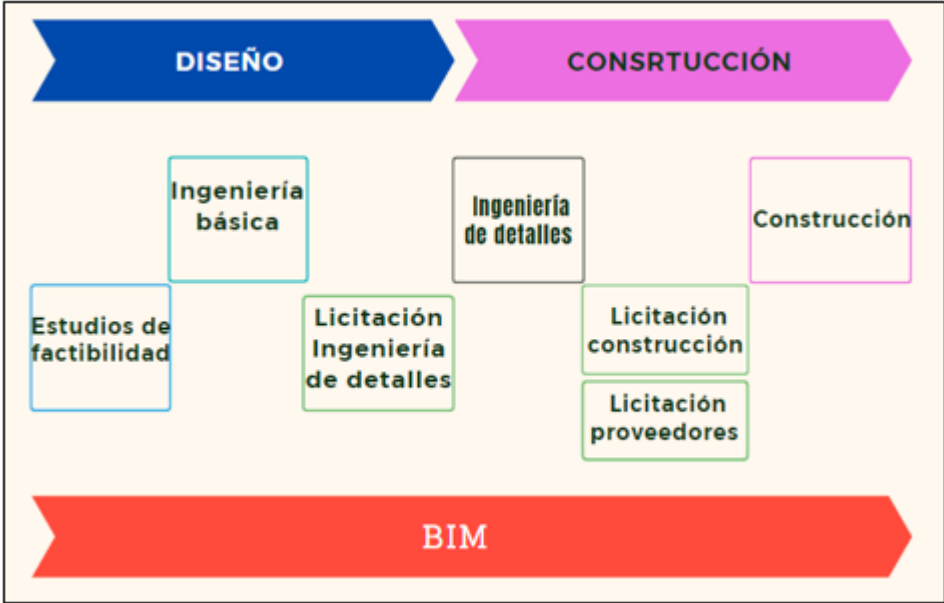


Figura 6.1: Fases del proyecto formato tradicional.
Fuente: Elaboración propia.

Fases del proyecto utilizando VDC:

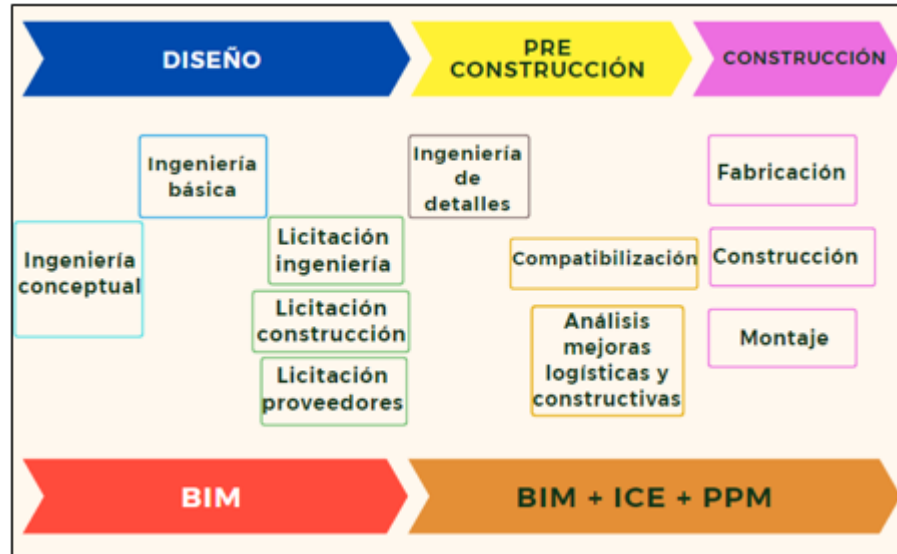


Figura 6.2: Fases del proyecto formato VDC.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para lograr en la práctica el trabajo colaborativo de ingeniería, construcción y proveedores, se debe utilizar un tipo de contrato colaborativo donde en la memoria de Carvajal Olivares, D. (2020) se puede ver en detalle las distintas opciones o un seguir un esquema de Integrated Project Delivering (IPD) que se ajusta a la metodología VDC.

Bibliografía

What is Virtual Design and Construction? VDC definition. Recuperado de: <https://bimcorner.com/what-is-virtual-design-and-construction/>

INFORME DE MACROECONOMÍA Y CONSTRUCCIÓN (MACH 52) (2020). Recuperado de: https://www.cchc.cl/uploads/archivos/archivos/INFORME_MACH52_<abril_2020.pdf

Polanco, A. (2020). Apuntes de clase CI5511 Curso Dirección de Proyectos. Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.

Estándar BIM para Proyectos Públicos.

John Kunz & Martin Fischer (2020) Virtual design and construction, Construction Management and Economics, 38:4, 355-363, DOI: 10.1080/01446193.2020.1714068

Kunz, J., Fisher, M. (2009). Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. (Paper). Stanford University, California, EEUU.

Heng Li , Weisheng Lu & Ting Huang (2009) Rethinking project management and exploring virtual design and construction as a potential solution, Construction Management and Economics, 27:4, 363-371, DOI: 10.1080/01446190902838217

STANFORD UNIVERSITY (2012). CIFE Working Paper #097.

ALFARO, Omar (2016) Comité BIM Noviembre 2016. BIM – VDC en el Perú y el Mundo.

Trejo Carvajal, N. (2018). Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168599>

Carvajal Olivares, D. (2020), Análisis y evaluación de modelos de contrato con enfoque LEAN en proyectos complejos de obras públicas, Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/176922/An%C3%A1lisis%20y%20evaluaci%C3%B3n%20de%20modelos%20de%20contrato-con-enfoque-lean-en-proyectos-complejos-de-obras-p%C3%BAblicas.pdf?sequence=1>

Mandujano, M. (2016). A Method To Identify Virtual Design And Construction Implementation Strategies From A Lean Construction Perspective. (Doctor in Engineering Science

Doctoral), Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile. Fischer, M., and Kunz, J. (2004).

The scope and role of information technology in construction (Publication no. 10.2208/jscej.2004.7631). (0289-7806). Retrieved January 5, 2015, from Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University <http://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR156.pdf>

Franco, P., Galán, D., García, J. (2017). Aplicación de la metodología VDC a la construcción de edificios multifamiliares de baja densidad. Caso de estudio: Edificio San Fernando 263 en Miraflores, Lima - Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú. Retrieved from <https://hdl.handle.net/10757/623976>

N. E. Padilla Saavedra and K. E. Quispe Rodríguez, “Implementación del VDC (Virtual Design and Construction) en la etapa de planeamiento del proyecto Aloft, para minimizar la cantidad de Solicitudes de Información (SI) y No Conformidades (NC), en la etapa de ejecución,” Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú, 2017.

Universidad de Lima, Carrera de Ingeniería Civil. (02-05 de setiembre de 2020). Primer Congreso Internacional VDC (CIVDC) "Transformando la Gestión de Procesos y Organizaciones con BIM, hacia la Mejora en la Eficiencia y Eficacia de la Construcción" [archivo de video]. <https://youtu.be/eqTMnGN3KPc>

Universidad de Lima, Carrera de Ingeniería Civil. (25-28 de mayo de 2021). Segundo Congreso Internacional VCD (CIVDC) "Integrando nuevas tecnologías y procesos en la gestión colaborativa de proyectos, en dirección a una industria constructora líder en innovación y resultados"[archivo de video]. <https://youtu.be/aKeSdwk26bM>

Anexo A

Información sobre certificaciones VDC

- Curso en línea que se puede completar en el ritmo que la persona lo desee, donde se aprenden los conceptos fundamentales del VDC. El curso incluye todo el material que formó parte del curso CIFE-PPI VDC, donde al final se obtiene el registro de finalización del curso en Virtual Design and Construction del Stanford Center for Professional Development (SCPD).
- Curso en la Universidad de Stanford que se obtiene un certificado de posgrado en VDC. El curso incluye todo el material del curso CIFE-PPI VDC, con complementación de cursos sobre BIM y los temas que se relacionan a VDC. La modalidad del curso es: clases en línea que se ofrecen en Stanford, donde se completan tareas y proyectos en el periodo de la clase. Al completar el curso, se obtienen los créditos para completar el posgrado.
- Programa donde se obtiene un Certificado de logro en VDC del Stanford Center for Professional Development (SCPD). El programa contiene el curso de VDC en línea, taller introductorio, apoyo en la implementación de VDC mediante talleres y controles que son mensuales, y finalmente un taller donde se reflexiona acerca del aprendizaje que tuvo el participante en el programa VDC. Este curso se dirige a profesionales, que serán guiados por profesores y gente del CIFE, y por profesionales con experiencia ya certificados como mentores de VDC. El programa es equivalente al de CIFE-PPI VDC, que se ha ofrecido en la Universidad de Stanford y actualmente son dos firmas la que lo ofrecen:
 - VIATechnik
 - Strategic Building Innovation
- SCPD y CIFE también colaboran con universidades y otras grandes organizaciones para ofrecer educación profesional en VDC a grandes grupos de profesionales que desean obtener el Certificado de Logros en Virtual Design and Construction del Stanford Center for Professional Development (SCPD). El primer programa de este tipo se ofreció en colaboración con NTNU entre junio de 2019 y mayo de 2020 para 214 profesionales en Noruega.
- University of Applied Science and Arts Northwestern Switzerland tiene integrado un Programa de certificación VDC desde el año 2013.

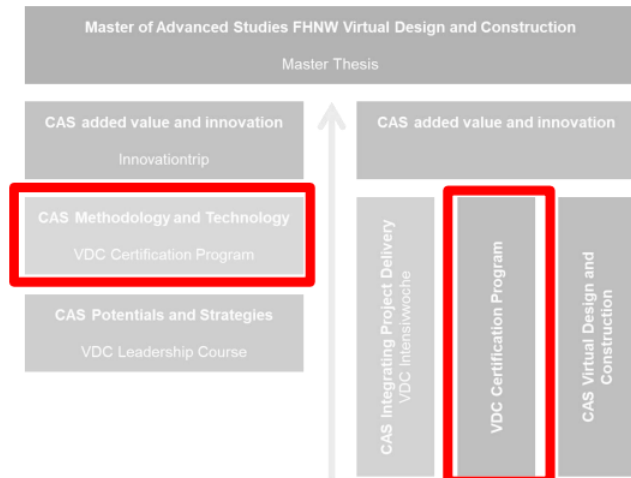
Professional VDC Education since 2013

VDC Certification Program is integrated in the curriculum since 2013.

~ 250 VDC Alumni since 2013

25 Students per year

60 additional via VDC certification



© 2021, Peter Scherer, Institute for Virtual Design and Construction

25.5.2021

18

Figura A.1: Información de University of Applied Science and Arts Northwestern Switzerland.

Fuente: II Congreso Internacional VDC 2021

En Latinoamérica, se han realizado distintas ediciones del programa VDC para obtener la certificación, todas se han realizado en Perú.

- 1ra edición del programa internacional VDC en Perú (2013), el cual fue organizado por la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y CAPECO. La certificación estuvo a cargo de Martin Fisher (director del CIFE), Leonardo Richmoller (investigador del CIFE) y Roberto Arbulú (directos de servicios técnicos de SPS).
- 2da edición del programa internacional VDC en Perú (2016), el cual fue organizado por el comité BIM del Perú de CAPECO, en colaboración con el Grupo Graña y Montero. La certificación estuvo a cargo de Martin Fisher (director del CIFE), Leonardo Richmoller (investigador del CIFE) y Roberto Arbulú (directos de servicios técnicos de SPS).
- 3ra edición del programa internacional VDC en Perú (2019). El programa fue la primera edición que organizó el Center for Integrated Facility Engineering de la Universidad de Stanford y la Universidad de Lima. Los instructores de Stanford que participaron en el programa fueron: Martin Fischer (director del CIFE), Leonardo Rischmoller (investigador del CIFE), y Roberto Arbulú (director de Servicios Técnicos de SPS) en coordinación con Alexandre Almeida de Universidad de Lima.
- En 2020, se realiza en Perú el mismo tipo de programa que anteriormente se había realizado en Noruega, donde la certificación está a cargo de Martin Fisher, Leonardo Rischmoller y Alexandre Almeida, donde además hay 12 mentores VDC de la Universidad de Stanford. Esta corresponde a la 2da edición del programa internacional VDC que realiza la Universidad de Lima.
- En 2021, se lleva a cabo en Perú la 3ra edición del programa internacional VDC que organiza la Universidad de Lima y el Center for Professional Development.

Desde el año 2009 al 2020, CIFE ha certificado en VDC a 857 profesionales en el mundo.

Scaling professional VDC education with the Stanford Center for Professional Development (SCPD) and academic partners and industry mentors

Start	End	Host	Main countries	# of students	# of mentors
8/19/19	5/15/20	NTNU	Norway, Denmark, Sweden	180	11
3/9/20	12/15/20	Univ. of Lima	Peru, Bolivia, Chile, Brazil, Colombia, Mexico	120	12
9/24/20	8/14/21	Univ. Applied Sciences Northwestern Switzerland	Switzerland	55	16
1/11/21	10/26/21	NTNU	Norway, Sweden	220	13
8/2/21	tbd	Univ. of Lima	Latin America	tbd	~10

From 2009 to 2020, CIFE VDC-certified 857 professionals.

More uptake in the last year by clients, also in Asia.

©2021



Figura A.2: Información de certificados entre el año 2009 y 2020.
Fuente: II Congreso Internacional VDC 2021.

Anexo B

Información sobre congresos VDC

- Primer congreso Internacional VDC – Universidad de Lima (septiembre, 2020)

El título del primer congreso corresponde a “Transformando la gestión de procesos y organizaciones con BIM, hacia la mejora en la eficiencia y eficacia de la industria de la construcción”. La duración del congreso fue de 4 días, donde los ejes temáticos fueron:

1. Día 1: VDC y el trabajo remoto.
2. Día 2: VDC en proyectos de construcción.
3. Día 3: Gestión colaborativa e integrada de proyectos.
4. Día 4: BIM en el sector público.

- • Segundo congreso Internacional VDC – Universidad de Lima (mayo, 2021)

El título de segundo congreso corresponde a “Integrando nuevas tecnologías y procesos en la gestión colaborativa de proyectos, en dirección de una industria constructora líder en innovación y resultados”. La duración del congreso fue de 4 días, donde los ejes temáticos fueron:

1. Día 1: Promoción de VDC en el mundo.
2. Día 2: Optimización de procesos con VDC.
3. Día 3: Integración tecnológica en VDC.
4. Día 4: VDC en megaproyectos.

Anexo C

Formato entrevista

C.1. Entrevista 1

Formato:

1. ¿De qué trata VDC Chile?
2. ¿VDC es una marca registrada?
3. ¿Me puede contar un poco más de VDC?
4. ¿Se estará utilizando el VDC con otro nombre como Lean BIM o BIM 4D y 5D?
5. ¿De qué se trata PPM?
6. ¿Y hay alguna relación con planbim?
7. ¿VDC será más fácil introducirlo al sector privado o público en Chile?
8. ¿Esta metodología se puede aplicar solo en empresas grandes?
9. ¿De qué escala se ha hecho proyectos acá con VDC?
10. ¿Por qué en Chile no se ha introducido VDC? ¿Por un miedo al cambio? Y ¿Por qué si en Perú?

A continuación, se presenta el resumen de cada una de las entrevistas formato tipo 1.

C.1.1. CEO en Fourdplan y certificado en VDC

La primera entrevista formato 1 es realizada al profesional Daniel Molina, quien es Certificado en VDC y es uno de los coordinadores de la Red VDC Chile. Además, es CEO en Fourdplan y académico en Innovación y emprendimiento en la Universidad De Las Américas.

Lo recolectado de la entrevista a Daniel, es información con respecto a qué es la Red VDC Chile, a lo cual comenta que es una Red que forma parte de la Red VDC Latinoamérica y que busca difundir el uso de la metodología en Chile.

También comenta acerca de conceptos que ayudan a comprender cómo funciona VDC, con respecto a esto, se logra entender que VDC tiene 4 principios que están basados en la unión del modelo con el programa, sesiones ICE, que llevan a obtener el objetivo del proyecto y los objetivos de proyecto. BIM tiene que ver con la gestión del producto o prototipo, de donde se toman resultados de este modelo y se llevan a programas para mejorar productividad y métricas, todo esto se realiza mediante una trazabilidad de los datos, que llevan a mejorar también la productividad en la construcción.

Sobre Project Production Management comenta, que es la gestión de la producción, sin embargo, no corresponde al programa master, como se tiende a confundir. También se confunde con Lean, pero Lean no se logra vincular a métricas. Por lo tanto, lo que sucede con PPM es que extrae de los modelos 3D las métricas para construir curvas, avances de obras, etc. Y eso vincularlo a dinero, recursos, rendimiento, y eso es un ciclo. También, con PPM se puede zonificar el proyecto y así tener mejores curvas para mejorar KPIs (Indicador clave de rendimiento). Por lo tanto, PPM funciona con la modelación, coordinación, cubicación, simulación, etc y eso se itera como ciclo para obtener mejoras.

Con respecto a VDC en Chile comenta que sería más fácil introducirlo en el sector privado, ya que en el público los recursos están dirigidos a potenciar PlanBim. Además, indica que no se entiende el alcance que puede llegar a tener VDC, ya que la gente piensa que BIM Lean o BIM 4D es lo mismo que VDC, pero no es así.

Por último, se habla de por qué en Chile no es tan masivo, como por lo ejemplo lo es en Perú. Con respecto a esto, comenta que el proceso de transformación digital no está abordado de manera clara y hay desinformación en poder mejorar los procesos.

C.1.2. Administrador de obra en Ikonnex Grupo Inmobiliario y certificado en VDC

La segunda entrevista formato 1 es realizada al profesional Walter Meléndez, quien es Certificado en VDC y es uno de los coordinadores de la Red VDC Chile. Además, es Administrador de obra en Ikonnex Grupo Inmobiliario.

La primera pregunta realizada tiene que ver con la Red VDC Chile, a lo cual comenta que es una Red con poco tiempo y que recién se está promoviendo. Como contexto, señala que el concepto VDC se acuña desde el año 2002 por el profesor Martin Fisher y ya desde el año 2012 se comienza a plantear como una metodología relacionada a los mapeos procesos y a las personas con las reuniones de ingeniería concurrente. Luego, comienzan las certificaciones con la unión entre profesores de Perú con profesores de Stanford para realizar el programa en Perú. Cada año va aumentando el número de personas que se van certificando, en Perú y en distintos países. Además, indica que luego de que se fueron visibilizando casos de éxito, se comenzó a hacer más masivo y se empezó a pensar como algo que no solo sea para un cierto grupo selecto de empresas que lo aplique y que se comience a difundir en diversas partes del mundo, entonces ahí se crea esta Red VDC donde hay una corriente en los países nórdicos, zona sur de Asia, y luego en Latinoamérica que lo lidera la Universidad de Lima con el profesor Alexandre Almeida. En la Red VDC Latinoamérica ya hay varios países que participan, ya que ya hay varias personas certificadas en cada programa. Como Chile ya tiene varias personas que completaron el programa se pensó en la Red VDC Chile y Daniel Molina es quien se hizo cargo de esto y de la relación con los demás países. Además, se busca este lazo para tener un respaldo con la Universidad de Stanford, la Universidad de Lima y la buena experiencia que ha tenido Chile con BIM forum, Planbim, que ha sido referente para otros países. Sin embargo, el VDC es más que solo uso de tecnología para construcción que es la parte de BIM, plantea otra manera más integral de unir este concepto y un poco se trata de promover con esta red, donde se realizan distintos eventos, que se está desarrollando, pero en realidad tiene poco tiempo. El objetivo a corto plazo es poder hacer un programa acá en Chile y tomar esto como una corriente que pueda documentar los proyectos y ver si finalmente es valioso para poder generar mejores resultados en los proyectos, eso más que todo, difundir, poder aportar a la industria y lograr integrar todas las partes de la fragmentada industria que es la construcción, a través de tecnología, colaboración y mejora de procesos.

Con respecto a estandarizar VDC, comenta que esta metodología es un poco más dinámica y la ve como una caja de herramientas, donde se ven todas las opciones y se va armando, probando y midiendo.

Otro punto que se le pregunta es sobre si es más fácil introducir VDC en sector privado o público, a lo que responde privado. Y con respecto al tamaño de la empresa, piensa que puede ser para empresas grandes y chicas, depende de las personas.

C.1.3. Director de Ingeniería Civil en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Andrés Bello y certificado en VDC

La tercera entrevista formato 1 es realizada al profesional Mauricio Toledo, quien es Certificado en VDC y Director de Ingeniería Civil en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Andrés Bello. Además, forma parte de la Red VDC Chile.

La primera pregunta que se responde es ¿cuál es el estado del arte de VDC en Chile?, a lo cual señala que todavía no es ampliamente conocido, si se compara con BIM, puede ser a como estaba BIM hace 10 años atrás, ya que hay gente que ha escuchado esto, pero todavía no sabe exactamente en qué consiste y no la han implementado. Con respecto a VDC, comenta que cuando comenzaron a hablar de VDC en Stanford, se acuñó como un concepto más grande que BIM, ya que cuando esta se instaló era más como solo herramienta, un modelo súper poderoso. Entonces, lo que le gusta de VDC es que es un modelo al servicio de la ingeniería, o de un problema. Como se formula es: ¿cuál es el problema que se quiere resolver? y para eso crear un modelo, no crear antes un modelo complejo, detallado, costoso, etc., sino uno después, que tenga que ver con lo que resuelva la necesidad. Sin embargo, no sabe si es una marca registrada, ya que, a pesar de tener una gran potencialidad, no es un concepto muy explorado, aunque hay certificaciones hace varios años y Stanford llevó a cabo un proceso de clases, testeó, desarrollo de conceptos, vocabulario e investigaciones donde empieza a aplicar el concepto e integra los diferentes componentes. Aún es una comunidad chica de pocos profesionales certificados.

Sobre la pregunta de si cree que se está utilizando VDC con otro nombre, como Lean BIM, BIM 4 o 5 D, indica que suele ocurrir en la jerga de los negocios que a veces se acuñan ciertos términos y al final todos hablan más o menos de lo mismo, ya sea porque la escuela inglesa le puso un nombre, la americana otra, europea otra, entonces puede que parezca que varios de esos conceptos están con otro nombre. Pero por cómo está estructurado VDC no sé si se está aplicando en Chile así tal cual.

A la pregunta de si sería más fácil introducir VDC al sector público o privado, responde que quizás él lo respondería más ampliamente, ya que una de las ventajas del sector público, que pasa con el proceso de Planbim y lo vio también ocurrir en EE.UU., es que cuando se tiene un mandante que te pone ciertos términos contractuales, de alguna manera obligado, hay un poder transformador y todos los que trabajan en el sector público y prestan servicio al sector público, de alguna manera se tienen que alinear, y como es un gran mandante, se terminan alineando y termina transformando el mercado. Sin embargo, empresas privadas que han probado esta metodología lo seguirán intentando y la idea es que se haga por ambos lados y se genere esta transformación, pero desde el sector público también se tiene que impulsar.

Finalmente, otro punto que comenta es que es importante las personas y la cultura organizacional de las empresas para generar cambios desde adentro, en el fondo no importa mucho si es una empresa grande o chica.

C.2. Entrevista 2

Formato:

Virtual Design and Construction (VDC) consiste en un marco de trabajo, creado por profesores de la Universidad de Stanford, que busca gestionar proyectos de forma multidisciplinaria e integrada, alineando objetivos del proyecto, con objetivos del cliente, todos estos siendo medidos de forma cuantificable. El objetivo de esta forma de gestión es tener claro el objetivo y con esto buscar una forma de mantener o bajar plazos, costos, residuos, retrabajo, etc, y que todo lo que se haga genere valor.

1. **¿Tiene algún conocimiento de VDC?**
2. **¿Cree que sería beneficioso implementar esta forma de gestión en proyectos en sus proyectos?**
3. **¿En sus proyectos implementaría algo similar?**

VDC tiene 3 componentes importantes, que buscan que los objetivos del cliente y proyecto puedan ser medidos.

En primer lugar, para ver la gestión del producto se utiliza Building Information Modeling (BIM) que en este caso ayuda a construir virtualmente y también a mejorar la gestión de procesos y organización mediante el traspaso de datos que se obtienen del modelo virtual.

4. **¿Cree beneficioso utilizar BIM dentro del marco VDC para la gestión del producto en proyectos en sus proyectos?**
5. **¿En sus proyectos implementaría algo similar?**

En segundo lugar, para ver la gestión de la organización se utiliza Ingeniería Concurrente Integrada, donde la forma de usarse es con sesiones ICE, estas son sesiones de trabajo donde la finalidad es poner al tanto y resolver asuntos que aparecen a lo largo de un proyecto. La idea es que todos los profesionales que se ven involucrados en la obra estén en estas sesiones y eso influya en que haya menos solicitudes de información, por ejemplo.

6. **¿Cree beneficioso utilizar las sesiones ICE dentro del marco VDC para la gestión de la organización en sus proyectos?**
7. **¿En sus proyectos implementaría algo similar?**

En tercer lugar, para ver la gestión de los procesos se utiliza Project Production Management (PPM) que es la gestión de la producción de los proyectos. En él se utiliza sistemas y metodologías para conocer la variación del proyecto, el flujo de trabajo, la forma en la que se está produciendo, entre otras. Aquí se aplican varios sistemas LEAN con el objetivo de medir el objetivo, pero mejor aún de ver donde se puede mejorar.

8. **¿Cree beneficioso utilizar PPM dentro del marco VDC para la gestión de los procesos en sus proyectos?**
9. **¿En sus proyectos implementaría algo similar?**

Actualmente, la Universidad de Lima en Latinoamérica está en proceso de inscripción para la Certificación de la 4ta edición del Programa Internacional de Virtual Design and Construction. En Chile existen varias personas que ya tienen la certificación y que están en el intento de difundir VDC en Chile.

10. ¿Cree que en Chile pueda haber interés por implementar VDC en proyectos en Chile?

11. ¿Cuáles cree que son las dificultades o barreras que hay en Chile para implementar VDC en los distintos proyectos?

12. ¿Tiene alguna sugerencia para su implementación?

A continuación, se presenta el resumen de cada una de las entrevistas formato tipo 2.

C.2.1. Gerente de Proyectos de la división El Teniente, CODELCO

La primera entrevista formato 2 es realizada al profesional David Vargas, quien tiene experiencia en el sector de la minería, específicamente en la gerencia de proyectos de la división El Teniente, CODELCO.

De la entrevista, el profesional comenta que ha escuchado hablar de la metodología y que cree que sí podría ser beneficioso aplicarlo en los proyectos que realiza, ya que hay una baja productividad durante la construcción. Sin embargo, apunta que la forma en que normalmente trabajan es primero la licitación de ingeniería y luego la licitación de construcción, por lo que no hay mucha colaboración entre las etapas de los proyectos. Además, comenta que aún están implementando BIM y todavía hay cuestionamientos de cómo hacerlo, por lo tanto, ve aún lejano en el radar de la empresa donde trabaja que se pueda implementar VDC, pero sí ve beneficios importantes al aplicarlo si es que se pudiera aplicar.

También, expresa que como empresa es difícil que aplique esta metodología porque aún no hay un tipo de contrato en mira de ganar-ganar ambas partes, infraestructura tecnológica tampoco y gente que lidere estos temas tampoco hay muchos.

Con respecto a las componentes que integran VDC, indica que BIM lo han utilizado en proyectos de su empresa. Sin embargo, no es algo masivo y que se aplique en todos, a pesar de que sea un mandato interno utilizarlo. Además, indica que los proyectos que han decidido realizar con BIM se han llevado a cabo con éxito. Sin embargo, muchas veces se tienen que restringir con el uso de esta herramienta por el tipo de proyecto que quieren realizar. Pone como ejemplo, el último proyecto, donde no se utilizó BIM ni siquiera en la ingeniería de detalle, ya que era un proyecto pequeño y las empresas constructoras que participarían en la licitación no iban a tener un nivel de madurez para llevar a cabo un proyecto BIM en la construcción, por lo que no serviría continuar con esto en las siguientes etapas, ni en operación y mantenimiento.

Con respecto a la componente ICE, señala que como lo establece el VDC no tienen ese tipo de sesiones tan masivas donde participa constructor, proveedores, etc, ya que aún no llegan a ese nivel de cambiar la forma tradicional de hacer los proyectos o utilizar lo que se recomienda para implementar VDC. Sin embargo, compara las sesiones ICE con las reuniones de coordinación, donde ahí utilizan el BIM, pero es con la empresa de ingeniería más el equipo de contraparte solamente.

Al hablar de PPM, indica que si conoce el término y que cree que sería beneficioso utilizarlo sobre todo en las decisiones de prearmado o construcción inteligente.

Con respecto a las barreras para implementar VDC, comenta que una es la gente, ya que falta ampliar conocimiento a más profesionales. Y otra barrera es el tema organizacional de las empresas públicas, ya que muchas veces son muy rígidas.

Como sugerencia de implementación, apunta que sería bueno que las universidades partieran preparando algunos cursos que aborden estas temáticas.

C.2.2. Coordinadora Planbim CORFO

La segunda entrevista formato 2 es realizada a la profesional Gabriela Matta, quien trabaja como coordinadora Planbim CORFO y académica en la Universidad Andrés Bello.

La entrevista se enfoca en saber si en Planbim conocen VDC y si encuentran beneficioso trabajar con esta metodología en proyectos y, además, cuáles serían las barreras de implementación.

La profesional señala que ella si conoce VDC hace varios años, sin embargo, en Chile no se conoce mucho. La persona que le mostró el concepto está más ligado a la academia, por lo que por ahí se hace más difícil traspasar esto a la industria.

Con respecto a que, si es factible utilizar la metodología en Chile, encuentra que es una metodología de trabajo que puede generar grandes beneficios a los proyectos y que mirándolo desde fuera parece incluso lógico que se organicen y se gestionen de esa forma los proyectos, pero cuando se conoce el contexto de la industria nacional no parece tan lógico, porque hay una serie de barreras desde culturales de la industria, hasta temas de uso de las mismas tecnologías, donde se está mucho más atrasado de lo que se puede ver en otros países.

Otra barrera que señala es la fragmentación de la industria y la fragmentación en las etapas y de los actores que participan dentro del desarrollo de un proyecto. Las etapas están muy marcadas, y muchas veces cada una se trata y se concibe como un proyecto en particular en donde hay grupos de profesionales distintos. Además, hay varios proyectos de larga data, que pueden llegar a durar 10 años, y en donde no se puede mantener ese hilo conductor entre las etapas, por lo tanto, al tratarse cada una como un proyecto distinto, se utilizan distintas metodologías, que están relacionadas directamente a quien lidera esta, se traspasan problemas de una etapa a otra, se re hace mucha información y los profesionales que entran en cada una de las etapas tienen que entender prácticamente de cero el proyecto, entonces eso significa estar perdiendo constantemente información. En el fondo, el proyecto va perdiendo valor en cada cambio de etapa y en cada traspaso de personas, comenta.

Además, señala que el sistema contractual en Chile es distinto a otros países que se utilizan VDC, ya que los proyectos se contratan de manera fragmentada y existe, por lo tanto, muy poca relación entre las distintas etapas y no se incluye, por ejemplo, en etapas tempranas a la constructora para aportar desde el punto de vista de la construcción, por lo que se diseña sin un apoyo de lo que puede ser construible. También, indica que es difícil plantear la metodología porque no existe esa cultura colaborativa, muchas veces se debe simplificar el trabajo para que las partes se entiendan, ya que no están acostumbrados a trabajar de esa manera y eso no favorece a este tipo de metodología.

Finalmente, indica que ve importante que sea el mandante o cliente quien de la pauta de cómo quiere que se realice el proyecto, y que indique cuáles son sus requerimientos tanto en términos de diseño, construcción y operación. Además, señala que, si el estado quisiera impulsar VDC, se tendría que capacitar a todas las personas involucradas y esto tomaría tiempo.

C.2.3. Jefe de Proyecto de Ingeniería en Hatch

La tercera entrevista formato 2 es realizada al profesional Rodrigo Fernández, quien trabaja como Jefe de proyecto de ingeniería en Hatch.

Con respecto a la pregunta, si tiene algún conocimiento de VDC, según lo que le fue comentado como contexto de qué es la metodología, señala que ese nombre no lo había escuchado, pero con la descripción entiende que su empresa está comenzando a hacer algo similar, en el sentido de generar un modelo BIM el cual se puede gestionar. Además, él cree que va para allá la cosa, porque no es solo extraer cantidades e información del modelo, sino que se le puede ofrecer al cliente que exista una gestión en el proyecto.

Al hablar de las componentes de VDC, indica que BIM es algo que aporta mucho valor al proyecto y considera que es una herramienta que hace más fácil muchas cosas, sin embargo, siente que falta que entre un poco más porque aún no todos lo usan.

Acerca de ICE, apunta que no lo había escuchado con ese nombre, pero siente que es parecido a cuando se aplica la metodología BIM donde se hacen reuniones semanales y se va revisando el modelo, levantando comentarios y resolviendo interferencias. Comenta que eso sí se hace y es una de las partes más beneficiosas porque se le puede ir mostrando al cliente todo desde la parte de diseño y así, luego no se encuentran con sorpresas como pasaba antes.

De la pregunta si conoce PPM, señala que no conoce el concepto, y lo más cercano que realizan a esto es un control de avance del proyecto, ya que el tema de evaluar flujos de procesos para meterlos en el proyecto, eso aún no lo hacen en su empresa, pero lo ve como algo que sería beneficioso de implementar.

Con respecto a que, si cree que puede haber interés en Chile de implementar VDC, cree que sí, ya que, en el fondo, por lo menos en minería, ya se ha ido desarrollando algunas cosas, pero el tema es que todavía no está muy integrado, ya que las reuniones se hacen, se ve los avances del modelo, pero falta un poco, ya que el tema de gestión es un poco nulo.

Como principal barrera, comenta que es el dar a conocer la metodología, porque cuando la gente conoce, va viendo los beneficios de proyectos exitosos, empieza a mirar y a explorar, y luego se comienza a masificar, pero cree que aún no es muy conocida la metodología o quizás no se ha utilizado mucho.

El tema de la resistencia al cambio, piensa que va más con gente mayor, los más jóvenes ya tienen asumido que todo va cambiando siempre, entonces hay que ir actualizándose. Por ejemplo, cuando comenzaron a trabajar con BIM muchos decían que no conocían nada, pero basta con un par de personas dentro del grupo que tenga alguna noción y ya después se hace fácil de aprender y conocer la metodología, los programas. Indica que por su puesto hay un período de adaptación, pero es rápido, ya que la gente tiene las capacidades.

Anexo D

Formato encuesta

The image shows a Google Forms survey interface. The title is "Encuesta de conocimiento metodología Virtual Design and Construction". The text of the survey is as follows:

Estimados y estimadas,

Como parte del trabajo de título "ESTUDIO DE APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN VIRTUAL EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EN CHILE" para optar al título de Ingeniero Civil de la Universidad de Chile, desarrollado en conjunto al profesor guía Alejandro Polanco Carrasco, les invito a participar de la siguiente encuesta cuyo objetivo principal es estudiar el nivel de conocimiento y percepción de profesionales sobre la metodología Virtual Design and Construction.

De antemano, muchas gracias.

Javiera Viñales Trincado
Alumna memorista

Below the text, there is a section for a required question. The question text is partially obscured but includes the label "*Obligatorio" in red. To the right of the question is a cloud icon. Below this is a text input field for the respondent's email address, labeled "Correo electrónico *" and "Tu dirección de correo electrónico".

Figura D.1: Formato encuesta 1.

Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

Información del encuestado

1. Seleccione su profesión

- Constructor/a civil
- Ingeniero/a en ejecución
- Ingeniero/a civil
- Arquitecto/a
- Ingeniero/a Civil Industrial
- Técnico en Construcción
- Otros: _____

2. Años de experiencia profesional

- 0 a 5 años de experiencia
- 5 a 10 años de experiencia
- 10 a 15 años de experiencia
- 15 o más años de experiencia

Figura D.2: Formato encuesta 2.

Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

3. Seleccione el tipo de proyecto en el cual se considera con mayor experiencia (en el que más se ha especializado)

- Industriales
- Minería
- Energía
- Edificaciones
- Infraestructura
- Otros: _____

Atrás Siguiete Borrar formulario

Figura D.3: Formato encuesta 3.
Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

Conocimiento acerca de Virtual Design and Construction

4. En su opinión, ¿Qué nivel de conocimiento tiene de la metodología Building Information Modeling (BIM)?

BIM es una metodología que apoya los procesos de diseño, construcción y operación, donde su objetivo es reunir toda la información del proyecto en un modelo digital.

- Nulo (no ha oído hablar)
- Bajo (conoce algunos conceptos)
- Medio (ha trabajado en proyectos que usan BIM)
- Alto (modelador, proyectista, coordinador BIM, etc)

Figura D.4: Formato encuesta 4.
Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

5. En su opinión, ¿Qué nivel de conocimiento tiene de la metodología Integrated Concurrent Engineering (ICE)?

La Ingeniería Concurrente Integrada (ICE) es una metodología de sesiones de trabajo para el diseño de procesos y productos eficaz, rápido y confiable. reúnen al cliente con los arquitectos, ingenieros, contratistas, fabricantes, especialistas y usuarios para trabajar en conjunto de manera periódica, logrando mejores soluciones a los problemas en menor tiempo.

- Nulo (no ha oído hablar)
- Bajo (conoce algunos conceptos asociados)
- Medio (ha trabajado alguna vez en proyectos con sesiones ICE)
- Alto (utiliza la mayoría de las veces sesiones ICE en proyectos)

6. En su opinión, ¿Qué nivel de conocimiento tiene de la metodología Project Production Management (PPM)?

Es un método para establecer el proceso de construcción, según métricas obtenidas del modelo BIM. El proceso define el flujo del programa de trabajo y los recursos requeridos. PPM emplea herramientas tales como Last Planner System o Metodología visual de planeación para dirigir el proceso.

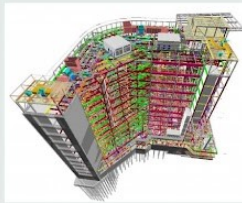
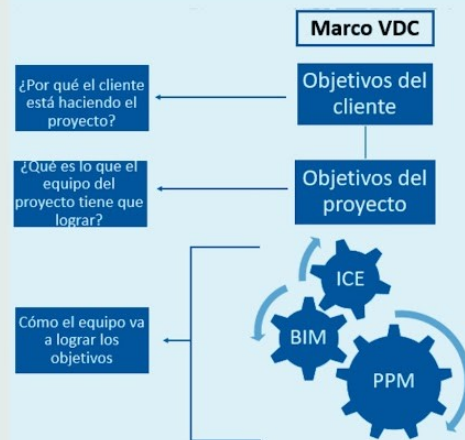
- Nulo (no ha oído hablar del término PPM)
- Bajo (conoce algunos conceptos asociados)
- Medio (ha trabajado en proyectos que utilizan PPM)
- Alto (desarrollador de PPM en proyectos, trabaja constantemente con PPM)

Figura D.5: Formato encuesta 5.

Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION (VDC)

Es la gestión de modelos integrados de desempeño multidisciplinario de proyectos de diseño-construcción, incluido el producto (es decir, las instalaciones), los procesos de trabajo y la organización del equipo de diseño - construcción - operación con el fin de respaldar explícitamente objetivos comerciales públicos. (Martin Fisher y John Kunz (2004)).



VDC utiliza herramientas como **BIM** (Building Information Modeling) para la **GENERACIÓN** de modelos computarizados desde un inicio.

A partir de los **DATOS EXTRAÍDOS** del modelo se da la gestión de los procesos de producción, **PPM** (Project Production Management).



La **TOMA DE DECISIONES** se da en las sesiones **ICE** (Integrated Concurrent Engineering), en el cual participan clientes y profesionales de la construcción.

Figura D.6: Infografía de formato encuesta.
Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

7. Luego de haber leído la infografía. En su opinión, ¿Tenía algún nivel de conocimiento de Virtual Design and Construction?

- Nulo (no ha oído hablar del término VDC)
- Bajo (conoce algunos conceptos asociados)
- Medio (ha trabajado en proyectos que se ha usado metodología VDC)
- Alto (Certificado en VDC)

8. Según su conocimiento acerca la metodología Virtual Design and Construction, ¿En qué tipo de proyectos cree que es más aplicable?

- Industriales
- Minería
- Energía
- Edificaciones
- Infraestructura
- No he tenido experiencia

Figura D.7: Formato encuesta 6.
Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

9. Según lo que entiende por VDC, ¿cree que en Chile se está utilizando VDC con otro nombre, como Lean BIM, BIM 4D, 5D?

- Sí
- No
- No estoy seguro/a
- Otros: _____

Aplicación de VDC en Perú

Actualmente, Perú es el país pionero en Latinoamérica en la certificación y aplicación de VDC. En la constante búsqueda por mejorar la eficacia y eficiencia en los proyectos de construcción, en el año 2012 descubrieron lo que estaba realizando el CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) de la Universidad de Stanford, California, el cual estaba promoviendo la metodología VDC.

Lo realizado en Perú fue reunir profesionales de distintas empresas y lograr un primer grupo que se certificara y partiera promoviendo el uso del VDC en el país.

10. Usted consideraría factible poder armar un grupo de profesionales de distintas empresas que estén interesadas para la certificación en VDC, para seguir con la promoción y uso de esta metodología.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

Figura D.8: Formato encuesta 7.

Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

11. ¿Cuál o cuáles cree que sean las barreras para poder implementar de manera masiva la metodología VDC en Chile?

- No hay tiempo para probar cosas nuevas (industria conservadora)
- Alto costo de implementación
- Personas y empresas resistente al cambio
- Falta de transformación digital en Chile
- Desinformación de poder mejorar los procesos
- Chile está enfocado en potenciar BIM por sí solo
- Otros: _____

12. VDC produce un cambio a la forma tradicional de trabajo, ya que esta metodología requiere de mucha colaboración, transparencia, coordinación y simultaneidad de los actores involucrados en el desarrollo del proyecto. ¿Qué percepción tiene respecto de la implementación de VDC en un proyecto, en el ámbito de la ingeniería y construcción en Chile?

- Es una gran oportunidad para mejorar el desarrollo de los proyectos
- Es un riesgo a evaluar (positivo o negativo)
- Una amenaza para la organización (dificultad de implementación, costos a incurrir, etc)
- Parece difícil de implementar

13. ¿Cree que sería beneficioso utilizar la metodología VDC en los proyectos que realiza su empresa?

- Sí, en mi empresa
- Sí, pero no en mi empresa
- No
- No estoy seguro/a

Figura D.9: Formato encuesta 8.

Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.

14. En su opinión, ¿VDC sería más fácil introducirlo al sector privado o público en Chile?

Privado

Público

[Atrás](#) [Enviar](#) [Borrar formulario](#)

Figura D.10: Formato encuesta 9.
Fuente: Elaboración propia, mediante Google Forms.