

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA VIRTUAL
DESIGN AND CONSTRUCTION EN LA
PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA DE ACERO
DE REFUERZO PARA EL PROYECTO BOX
CHINCHERO, LIMA 2022”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Roberto Cancino Dueñas

Asesor:

Mg. Ing. Gerson Elias Vega Rivera
<https://orcid.org/0000-0002-8672-3239>

Lima - Perú

DEDICATORIA

“Dedico este trabajo a Dios, mis padres y hermanos por su cariño sincero e incondicional.”

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado fortaleza y salud para salir adelante. A la Empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción y al Sr. Marcial Parihuaman Chavez por su confianza. A Cynthia Pilar Celis Vargas por ser mi compañera de vida y aventuras para lograr este objetivo.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE ECUACIONES	13
RESUMEN EJECUTIVO.....	14
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. CONTEXTUALIZACION DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	15
1.2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	15
1.2.1. CREACION.....	15
1.2.2. ORGANIZACIÓN.....	16
1.2.3. RUBRO.....	16
1.2.4. ADMINISTRACION.....	16
1.2.5. RESEÑA HISTORICA.....	16
1.2.6. DESCRIPCION DE LA EMPRESA	17
1.2.7. VISION Y MISION	18
a. Visión.....	18
b. Misión.....	18
1.2.8. ORGANIGRAMA	18
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	20

2.1.	DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	20
2.2.	BASES TEORICAS.....	22
2.2.1.	<i>CONCEPTOS DE VDC</i>	22
2.2.2.	<i>EL SISTEMA INTEGRADO VDC COMO NUEVO ENFOQUE DE GESTIÓN</i>	23
2.2.3.	<i>MARCO VDC</i>	30
a.	<i>Sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering)</i>	30
b.	<i>Mapeo de procesos (PPM)</i>	33
c.	<i>Importancia de las métricas</i>	33
d.	<i>BIM</i>	36
2.3.	LIMITACIONES	48
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA		48
3.1.	EXPERIENCIAS	54
3.2.	PROCESO DE INGRESO A LA EMPRESA	55
3.3.	EQUIPO TECNICO DEL PROYECTO.....	56
3.4.	EXPLICA LAS FUNCIONES QUE DESEMPEÑO.....	56
3.5.	ETAPAS DE LA EXPERIENCIA.....	57
3.5.1.	<i>IDENTIFICACION DEL PROBLEMA</i>	57
a.	<i>Problema general</i>	57
b.	<i>Problemas específicos</i>	57
b.1	Problema específico 1.....	57
b.2	Problema específico 2.....	57
b.3	Problema específico 3.....	57

3.5.2.	PLANTEAMIENTO DEL OBJETIVO	57
a.	<i>Objetivo general</i>	57
b.	<i>Objetivos específicos</i>	58
b.1	Objetivo específico 1	58
b.2	Objetivo específico 2	58
b.3	Objetivo específico 3	58
3.5.3.	PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL OBJETIVO	58
a.	<i>Del objetivo específico 1</i>	58
b.	<i>Del objetivo específico 2</i>	69
c.	<i>Del objetivo específico 3</i>	96
 CAPÍTULO IV. RESULTADOS		100
4.1.	PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA DE ACERO DE REFUERZO	100
4.2.	DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC	101
4.3.	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC	103
 CAPÍTULO V. CONCLUSIONES, LECCIONES APRENDIDAS Y RECOMENDACIONES		106
5.1.	Conclusiones	106
5.1.1.	<i>Del objetivo específico 1</i>	106
5.1.2.	<i>Del objetivo específico 2</i>	106
5.1.3.	<i>Del objetivo específico 3</i>	106
5.2.	Lecciones aprendidas	107
5.3.	Recomendaciones.....	108

REFERENCIAS	110
ANEXOS	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Accionistas de la empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción</i>	16
Tabla 2	<i>Aplicaciones de BIM/VDC a lo largo del ciclo de vida de un proyecto</i>	24
Tabla 3	<i>Equipo técnico de la empresa Parihaman Ingeniería y Construcción delegado para el proyecto</i>	56
Tabla 4	<i>Funciones del Ingeniero de producción</i>	56
Tabla 5	<i>Estrategia de desarrollo para el diagnostico</i>	59
Tabla 6	<i>Lista de despiece de 1 Box</i>	64
Tabla 7	<i>Rendimiento y cantidad de mano de obra por día proyectado por Aceros Arequipa</i>	65
Tabla 8	<i>Rendimiento y cantidad de mano de obra por día proyectado por Parihuaman Ingeniería y Construcción</i>	66
Tabla 9	<i>Rendimiento y cantidad de mano de obra por día real</i>	66
Tabla 10	<i>Variación de costo Real vs Presupuestado</i>	68
Tabla 11	<i>Cumplimiento de avance</i>	68
Tabla 12	<i>Resumen de los indicadores</i>	69
Tabla 13	<i>Estrategia de desarrollo para la implementación</i>	70
Tabla 14	<i>Cronograma de Aplicación</i>	71
Tabla 15	<i>Métricas usadas a través del tiempo</i>	75
Tabla 16	<i>Matriz de comunicaciones</i>	76
Tabla 17	<i>Sesión ICE N°1-Inicio de la aplicación del VDC</i>	77
Tabla 18	<i>Planeación intermedia de las próximas 4 semanas</i>	84
Tabla 19	<i>Análisis de restricciones</i>	87
Tabla 20	<i>Liberación de armadura de los Box</i>	88

Tabla 21 <i>Planeación Semanal</i>	90
Tabla 22 <i>Porcentaje de plan completado semanal del proyecto (PPC)</i>	95
Tabla 23 <i>Estrategia de desarrollo para la evaluación</i>	97
Tabla 24 <i>Rendimiento de la mano de obra antes de la aplicación de la metodología VDC</i>	100
Tabla 25 <i>Rendimiento de la mano de obra durante la aplicación de la metodología VDC</i>	102
Tabla 26 <i>Comparación de antes y después de la aplicación</i>	103
Tabla 27 <i>Sueldo por semana vs presupuestado</i>	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción</i>	17
Figura 2 <i>Clientes</i>	17
Figura 3 <i>Organigrama</i>	18
Figura 4 <i>Ubicación del nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero-Cusco</i>	21
Figura 5 <i>Ubicación del taller de la Empresa Entrepisos</i>	21
Figura 6 <i>Modelo Bim de la armadura</i>	22
Figura 7 <i>Ejemplo de diseño conceptual</i>	37
Figura 8 <i>Ejemplo de estructuración</i>	38
Figura 9 <i>Box Culvert modelo 3D</i>	40
Figura 10 <i>Proceso de fabricación y montaje de los pre armados</i>	41
Figura 11 <i>Ejemplos de Modelación Paramétrica</i>	43
Figura 12 <i>La productividad de mano de obra en Alemania y Reino Unido, desde 1995 hasta 2014</i>	49
Figura 13 <i>Cantidad de Solicitudes de Información (SI) de 03 obras de Edificaciones de GyM S.A.</i>	50
Figura 14 <i>Principales causas de los problemas en un proyecto en etapa de construcción</i>	51
Figura 15 <i>Evolución del índice en el Sector Construcción (PBI de Construcción): 2018 -2020</i>	53
Figura 16 <i>Secuencia de la estrategia para el diagnóstico de la productividad de la mano de obra en herrería</i>	60
Figura 17 <i>Árbol del problema (causas y consecuencias)</i>	61

Figura 18 <i>Flujo de producción entre las empresas Entrepisos, TSC-AASA y Parihuaman Ingeniería y construcción</i>	63
Figura 19 <i>Pieza mal dimensionada</i>	66
Figura 20 <i>Prearmado soldado con fallas (Acero con separación entre barras y barras desfasadas)</i>	67
Figura 21 <i>Secuencia de la estrategia para la implementación de la metodología VDC</i>	70
Figura 22 <i>VDC Framework</i>	73
Figura 23 <i>Descripción detallada de la aplicación VDC</i>	74
Figura 24 <i>Trimble Connect – Plataforma colaborativa</i>	78
Figura 25 <i>Esquema de Pull Session para la Instalación de Armadura del Box Chincheró</i>	81
Figura 26 <i>Grafica de cumplimiento semanal</i>	95
Figura 27 <i>Gráfico de Porcentaje de plan cumplido del proyecto</i>	96
Figura 28 <i>Secuencia de la estrategia para determinar la aplicación de la metodología VDC</i>	97
Figura 29 <i>% de avance semanal de los Box</i>	98
Figura 30 <i>Rendimiento de la mano de obra en fierreteria</i>	99
Figura 31 <i>Rendimiento de la mano de obra en fierreteria por día antes de la aplicación de la metodología VDC</i>	101
Figura 32 <i>Secuencia de la propuesta para la implementación de la metodología VDC</i>	102
Figura 33 <i>Rendimiento de la mano de obra en fierreteria por día durante la aplicación de la metodología VDC</i>	103

Figura 34 <i>Cantidad de mano de obra en campo</i>	104
Figura 35 <i>Rendimiento de la mano de obra</i>	105
Figura 37 <i>Revisión de las dimensiones del acero dimensionado y prearmados</i> ...	117
Figura 38 <i>Zona de acopio del acero de refuerzo</i>	119
Figura 39 <i>Habilitación de los aceros de refuerzo que han llegado con errores de fabricación</i>	119
Figura 40 <i>Instalación de la armadura del Box</i>	120
Figura 41 <i>Soldadura de los prearmados que han sido observados por supervisión</i>	121
Figura 42 <i>Descarga del acero de refuerzo</i>	122
Figura 43 <i>Armadura del box finalizado</i>	123

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. <i>Variación del Costo</i>	67
Ecuación 2. <i>Cumplimiento del avance</i>	68

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo principal de esta investigación es tener una mayor productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo a través de la aplicación de la metodología virtual Design and Construction para el Proyecto Box Chinchero, Lima 2022.

Para lograr el objetivo fue necesario el uso de todos los componentes de la metodología VDC (BIM, PPM y Sesiones ICE); en el BIM se usó la plataforma colaborativa Trimble Connect, en el PPM se usó el Last Planner System y finalmente en las Sesiones ICE se tuvo la participación del 90% de los Stakeholders.

Según los resultados obtenidos se tiene 3 aspectos importantes, en primer lugar el bajo rendimiento de la cuadrilla de acero de refuerzo se debió a la deficiente gestión y la baja calidad del material (Acero dimensionado y la soldadura del prearmado); en segundo lugar, para que funcione la metodología VDC se requiere el compromiso de los Stakeholders; por último, se obtuvo un rendimiento mayor a lo esperado en la cuadrilla de acero de refuerzo.

Finalmente puedo concluir que mediante la aplicación de la metodología virtual Design and Construction fue posible mejorar en la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo para el Proyecto Box Chinchero, Lima 2022.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. CONTEXTUALIZACION DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

El autor del presente informe inicia sus labores en la empresa como Ingeniero de producción en enero del 2022. Por necesidad de la empresa, se necesitaba una persona que pudiera realizar el cumplimiento de los tiempos dentro de la obra en la partida de acero de refuerzo, evitando cualquier retraso, dirigir y supervisar el avance de la producción diaria. Como Ingeniero de producción, las responsabilidades y funciones eran velar que se cumpla la instalación del acero de refuerzo según los planos del expediente técnico.

La aplicación de la metodología VDC fue clave para el inicio del proyecto ya que dentro de su marco de trabajo está el uso de modelos BIM que fue compartido por el cliente Corporación Aceros Arequipa a través de su área de Ingeniería TSC Innovation quienes dentro de su línea producción usan modelos BIM como el software Tekla Structures y la plataforma colaborativa Trimble Connect; además se encuentra el componente PPM donde se usan procesos de mejora continua, en este caso se ha usado el Last Planner System como método para la planificación y programación diaria y semanal, de esta manera se pudo asignar recurso para las labores y hacer el seguimiento de producción.

1.2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

1.2.1. CREACION

La empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción fue fundada un 18 de noviembre de 2021 conformado por 02 accionistas, dedicada a la construcción de edificios teniendo como su centro de operaciones en la ciudad de Lima.

1.2.2. ORGANIZACIÓN

El porcentaje de participación de los socios accionistas de la empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 1

Accionistas de la empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción

Empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción	
Accionista	Porcentaje de participación
Marcial Parihuaman Chávez	90%
Samuel Parihuaman Munguia	10%

1.2.3. RUBRO

La empresa está dedicada a las obras civiles y edificaciones.

1.2.4. ADMINISTRACION

La empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción es una empresa de Sociedad Anónima Cerrada, el Órgano de administración está liderado por la junta general de accionistas. La empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción tiene registrado y vigente el nombramiento del Señor Marcial Parihuaman Chavez como titular gerente general.

1.2.5. RESEÑA HISTORICA

La empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción inicia sus actividades en el año 2021 con 02 accionistas con su oficina ubicada en Lima, a pesar de tener poco tiempo en el mercado ya cuenta con proyectos significativos como el Proyecto Box Chincheros y el Puerto de Paita que fue dado por el principal cliente la corporación Aceros Arequipa y la ejecución de un proyecto en Ica con la Empresa Dakap, esperando que siga creciendo y brindar un servicio de calidad para nuestros clientes.

1.2.6. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción dedicada al rubro de obras civiles y edificaciones de sociedad anónima cerrada con su oficina en la Av. Las gaviotas Mz B-2 Lote 20 Santa Anita. Tiene un equipo altamente competente y especializado, conformado por 6 empleados y 40 obreros que comparten los valores corporativos de la compañía.

Figura 1

Empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción



Nota. La figura muestra al personal delegado para el proyecto Box Chinchero, entre los cuales se encuentra el ingeniero de producción, capataz y operarios. Fuente: Elaboración propia

Figura 2

Clientes



1.2.7. VISION Y MISION

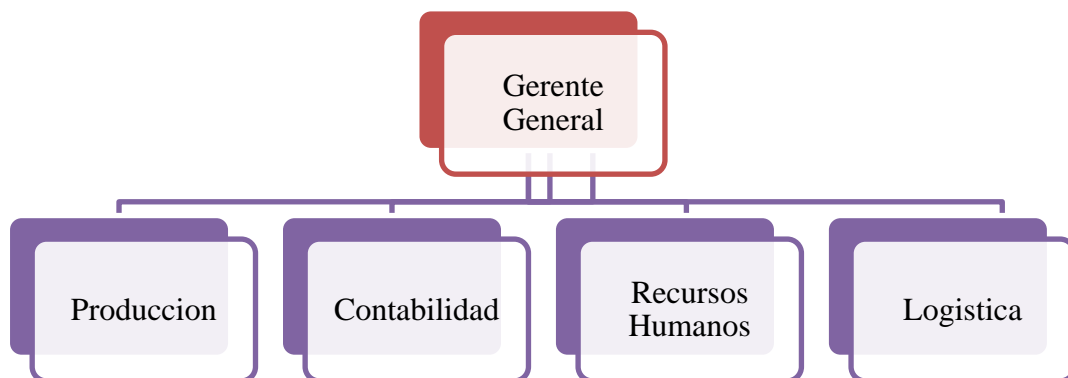
- a. **Visión.** Consolidarnos como una empresa líder a nivel nacional en el sector de la ingeniería y la construcción con proyectos que cumplen con los tiempos establecidos, capital humano eficiente de esta manera contribuir así con el éxito de nuestros clientes.
- b. **Misión.** Brindar servicio de ingeniería y construcción de excelente calidad acorde a las normas técnicas y de impacto ambiental.

1.2.8. ORGANIGRAMA

La empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción cuenta con una estructura organizacional encabezada por el Gerente General, y seguido por la división de área: Recursos Humanos, Producción y Contabilidad y Logística. La distribución gráfica se visualiza en la Figura 3.

Figura 3

Organigrama



○ Gerente General

Esta área es gestionada por el Gerente General quien presenta las estrategias, políticas y objetivos que seguirá la empresa para su crecimiento y desarrollo. Se encarga de coordinar directamente con todas las áreas.

- **Recursos Humanos**

Área liderada por el jefe de Recursos Humanos, se encarga en todo lo concerniente al reclutamiento de personal, desarrollo de mecanismos que mejoren el talento propio de la empresa y mejore el clima laboral. También es responsabilidad del área brindar como mínimo todas las exigencias por ley a los trabajadores.

- **Producción**

El área de producción está liderada por el jefe de Producción, su función principal es planificar, coordinar y verifica que los procesos, productos servicios sean realizados.

- **Contabilidad**

El responsable de contabilidad se encarga del pago de impuestos, pago de planillas, y toda la gestión contable.

- **Logística**

El área logística está conformada por el equipo de compras y el equipo de almacén. Se encarga de la gestión de proveedores, abastecimiento, inventarios, almacenamiento, distribución y transporte.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado en el distrito Chinchero, a 29 km por carretera de la ciudad del Cusco. El objetivo central que pretende alcanzar el proyecto es la mejora de la capacidad de la infraestructura aeroportuaria en la región del cusco, de tal forma que se permita un incremento sostenible del turismo interno y externo en la región del cusco y por ende en el Perú, así como el desarrollo local y regional del área de influencia del proyecto. Para los trabajos de la construcción del campo de vuelos se requiere hacer los siguientes trabajos:

- Instalar un canal de drenaje temporal para iniciar el movimiento de tierras y solucionar la desconexión del canal de drenaje existente.
- Instalar solo algunas de las estructuras del dren norte, cuya longitud de instalación es de 811.770m de la longitud total (1.224,89m).
- Después de la demolición de una parte del canal de drenaje temporal, conectar las estructuras del dren norte al canal de drenaje temporal restante.
- Después de la mejora del suelo blando, instalar las estructuras restantes del dren norte, cuya longitud de instalación es de 413.07m de longitud total (1.224,89m) y del dren sur, cuya longitud total es de 1.099,43m.
- Demoler el canal de drenaje temporal restante.

Figura 4

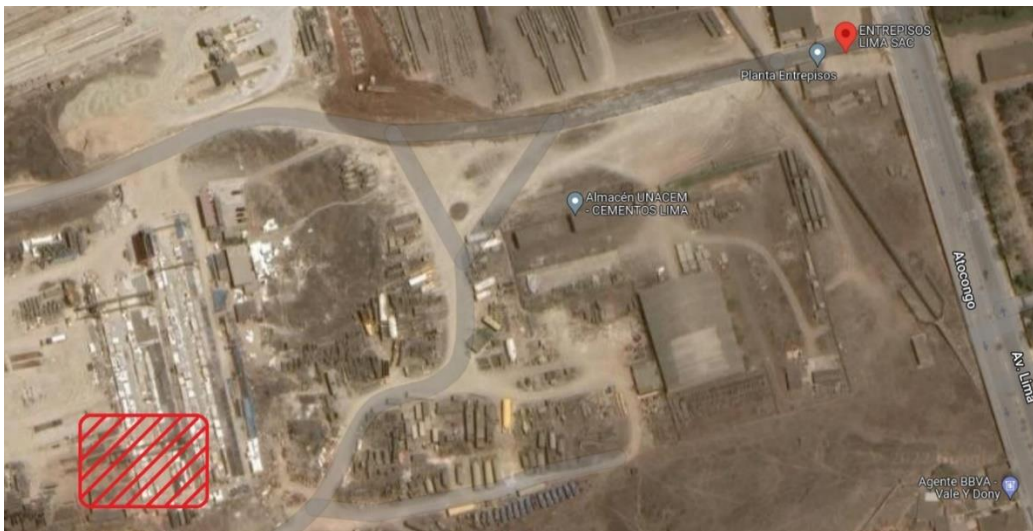
Ubicación del nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero-Cusco



Nota. En la figura se muestra la ubicación del futuro aeropuerto Chinchero, lugar donde va llegar los prefabricados de los Box para el drenaje.

Figura 5

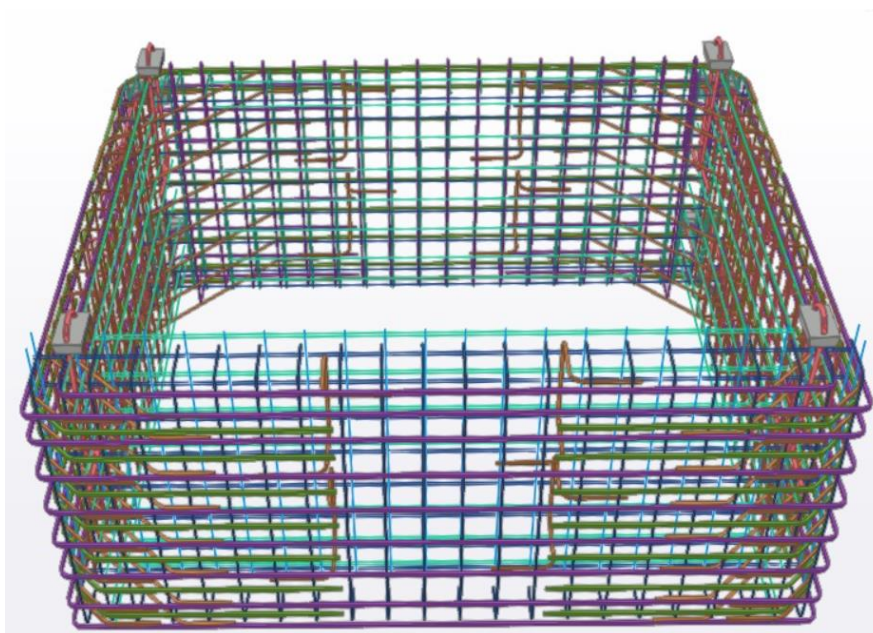
Ubicación del taller de la Empresa Entrepisos



Nota. En la figura se muestra la planta de la Empresa Entrepisos ubicado en Villa María del triunfo-Lima, lugar donde se encuentra la cuadrilla de acero de refuerzo encargado de la instalación de la armadura de los boxes.

Figura 6

Modelo Bim de la armadura



Nota: Estructura modelada en el software Tekla Structures. Fuente: TSC Innovation

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. CONCEPTOS DE VDC

Virtual Design and Construction (VDC) es una metodología que en los últimos años está tomando auge en el sector de la construcción en el Perú, ya que distintas empresas vienen implementándola en sus proyectos, pues se sabe que dicha metodología viene dando muy buenos resultados en términos de tiempo, costo y calidad en proyectos de otros países. De acuerdo con lo expuesto Padilla, afirma que:

Esta metodología enfoca en las metas de un proyecto a través de la reducción de los recursos innecesarios (tiempo, capacidad e inventarios), a lo largo de las fases de diseño e ingeniería, planeamiento, ejecución, control y cierre del proyecto; sin descuidar la calidad, la seguridad de su personal y patrimonio, así como el cuidado del medio ambiente. Esta metodología se basa en el uso de herramientas

tecnológicas para disminución de la variabilidad y el aseguramiento de la
minimización del plazo y costo (2017).

2.2.2. EL SISTEMA INTEGRADO VDC COMO NUEVO ENFOQUE DE GESTIÓN

El nuevo enfoque de gestión integral está basado en los principios de la filosofía Lean, y los criterios o fundamentos de la metodología BIM en conjunto con los tres aspectos fundamentales de la filosofía Lean; transformación, flujo, y valor (TFV) los cuales en conjunto van a permitir una implementación realmente exitosa del Sistema Integrado. Esta idealización es gracias a que Lean va a contribuir a crear discusiones correctas en tiempos correctos, con el fin de realizar un mejor diseño, sin pérdidas (Lean Design) agregando valor al producto. BIM ofrece la capacidad de modelación y visualización e integración de la información través de modelos inteligentes e interoperables para una correcta toma de decisiones realizando un "*diseño y construcción virtual*", logrando así simular el flujo de los procesos de ejecución antes de la fase construcción, que son claves en esta fase. Además, BIM y Lean pueden crear una plataforma donde los aspectos constructivos o ingenieriles pueden ser considerados y discutidos en una Sala de Reuniones o Big Room desde etapas tempranas del ciclo de vida, para que así las capacidades de estos tres componentes del sistema generen mecanismos que resulten en mejoras y cambios en los procesos de diseño y sus beneficios salgan a la luz, mejorando íntegramente todos los procesos de las actividades en el ciclo de vida de los proyectos de la construcción. Este nuevo enfoque va a ser diferente de los anteriores tipos de gestión, ya que integra aspectos poderosos de la gestión de proyectos que tradicionalmente se han aplicado independiente, así como también considera los tres aspectos de la gestión Lean (*transformación, flujo, y valor*).

- **Aplicaciones de BIM/VDC a lo largo del ciclo de vida de un proyecto**

Tabla 2
Aplicaciones de BIM/VDC a lo largo del ciclo de vida de un proyecto

	Diseño Conceptual	Diseño detallado	Construcción	Operación y Mantenimiento
Aplicaciones	Concepto, viabilidad y diseño.	Visualización	Estimación de la cantidad de materiales.	Fuente fiable de información sobre el proyecto Asbuilt.
	Evaluación temprana de alternativas de diseño para aumentar la calidad general del proyecto.	Participación temprana de los involucrados.	Planificación y control de la producción.	Administración y operación de instalaciones.
		Ingeniería concurrente.	Simulación 4D.	
		Colaboración y comunicación efectiva entre múltiples disciplinas de diseño.	Detección de incompatibilidades antes de la construcción.	
		Detección de incompatibilidades.	Visualización del proyecto.	
		Generación automática de planos y documentos.	Uso del modelo como base para fabricar componentes.	
		Generación y evaluación rápida de múltiples alternativas.	Soporte en la implementación de técnicas y herramientas Lean.	
		Simulación y análisis del producto.	Sincronización del abastecimiento con el diseño y construcción.	

Fuente: Ruiz, 2015

- **Participación temprana de los involucrados del proyecto:**

Como ejemplo de los beneficios de la participación temprana, los contratistas pueden contribuir a diseñar el producto y proceso del proyecto al proporcionar información específica de la construcción durante la etapa de diseño. De esta manera, se puede realizar un análisis de la constructabilidad durante el diseño (Ruiz, 2015).

- **Mantenimiento de la información y la integridad del diseño:**

Esta capacidad se logra porque los programas BIM están basados en elementos y parámetros que permiten almacenar la información. Al ser modificado una de las características de algún elemento, esta será actualizada automáticamente en las diferentes vistas en las que se encuentra (elevaciones, cortes, en planta y en 3D), de esta manera las incompatibilidades que se presentan usualmente entre las vistas en planta y corte en una disciplina serán eliminadas (Ruiz, 2015).

- **Detección de incompatibilidades:**

“La revisión de interferencias es el principal uso que se les da a los modelos BIM, especialmente en proyectos que involucran una infraestructura compleja. Este análisis reduce las incompatibilidades y las ordenes de cambio, lo que aumenta la productividad y reduce costos durante la etapa de construcción” (Saldías, 2010).

- **Estimación de costos:**

“Un modelo BIM adecuadamente desarrollado contiene la información geométrica y las propiedades de los elementos presentes, por lo que puede ser utilizada como una base de datos para extraer cantidades de materiales y reemplazar a los cálculos manuales desarrollados a lo largo de todo el proyecto, ya sea para obtener el presupuesto como también para pedir los volúmenes de materiales que serán utilizados en una determinada fecha. Fuentes” (Ruiz, 2015).

- **Simulación y análisis del producto:**

Evaluar el diseño usando las tecnologías CAD tradicionales y herramientas relacionadas puede ser proceso largo y tedioso. BIM ofrece la oportunidad de simular el modelo del diseño en contra de los criterios de rendimiento que figuran desde una etapa temprana como: comportamiento estructural, desempeño térmico,

iluminación, acústica, desempeño energético y sostenibilidad. De esta manera se puede asegurar que el diseño sea adecuado para el propósito, mejorar el valor para el cliente y reducir pérdidas debido a mal funcionamiento del producto durante su operación (Ruiz, 2015).

○ **Productividad**

La productividad es una relación entre la cantidad producida y los recursos empleados. Sin embargo, “la productividad no se puede concebir sin que exista un alto estándar de calidad, es decir la productividad involucra eficiencia y efectividad” Serpell (Como se citó en Pailiacho, 2014).

En la construcción existen diferentes clases de productividad de acuerdo con el tipo de recurso utilizado, así:

- Productividad de los materiales.
- Productividad de la mano de obra.
- Productividad de la maquinaria y/o equipos.

“Los cuales al interactuar representan la productividad de la construcción. En la construcción se han detectado diferentes factores que afectan la productividad, los cuales generalmente recaen sobre la falta de información o incompreensión de lo que el cliente realmente está esperando, la coordinación entre los diseñadores, contratistas y contratante, la planeación y el control de la planeación” (Pailiacho, 2014)

La productividad tiende a aumentar cuando los procesos son repetitivos y el tiempo empleado para la realización de los mismos disminuye, lo anterior se debe al fenómeno del aprendizaje y generación de conocimiento (Pailiacho, 2014).

○ **Reducción de la variabilidad**

La variabilidad es el fenómeno causado por las modificaciones dadas a la planificación inicial establecida para la ejecución de la obra, entonces, si se elimina la variabilidad se deduce que el sistema de planificación es confiable.

“Generalmente, la variabilidad puede estar asociada a factores como modificaciones del producto entregado al cliente, el tiempo necesario para la ejecución de una actividad, entre otras; es decir, por ejemplo, se espera recibir un producto con determinadas especificaciones y recibe uno con alguna modificación o en un tiempo diferente al esperado” (Pailiacho, 2014).

- **Reducción del tiempo de ciclo**

Además de la calidad y el valor, el tiempo de ciclo es una de las maneras más utilizadas para medir la duración de ejecución de una actividad, ya que se determina el tiempo necesario para realizar determinadas actividades en un escenario estimativo.

Dentro de la filosofía Lean Construction se pretende comprimir los tiempos de ciclo estimados para la ejecución de las diferentes actividades, así como reducir el tiempo estimado para inspecciones, movimientos o transporte, esperas y otros, produciendo ventajas como verificación de actividades que pueden pasar de ejecución secuencial a ejecución paralelo, lo cual nos permite perfeccionar nuestro sistema de planificación, cumplir con los tiempos acordados, mejoras de la logística interna, etc.(Pailiacho, 2014).

- **Simplificación de procesos**

“Dentro de la actividad de la construcción, la simplificación de los procesos se puede entender como la eliminación de prácticas que no generen valor agregado al producto, para lo cual se deben considerar aspectos como la reducción del número

de procesos dentro del flujo de materiales o información, estandarización de actividades, materiales y herramientas, utilización de productos de fácil accesibilidad y transporte, etc.” (Pailiacho, 2014).

- **Incremento de la flexibilidad de la producción**

“Corresponde a la identificación de posibles sucesos dentro de las actividades constructivas, con el fin de establecer planes de contingencia que nos permitan realizar otras actividades mientras se supera alguna eventualidad que se presente, con el fin de evitar que el ritmo de avance del proyecto disminuya o en el peor de los casos se detenga” (Pailiacho, 2014).

- **Transparencia del proceso**

Consiste en la implementación de estrategias de divulgación de cronogramas de obra, ciertos planos y especificaciones, capítulos principales de actividades, participantes del proyecto, etc., al personal de la obra, con el fin de disminuir la propensión al error por deficiencia de información o direccionamiento, incrementar la motivación a proponer mejoras y aumentar la visibilidad de errores. Así mismo, permite incorporar mecanismos para que las personas reconozcan a través de un lenguaje visual las normas aplicables al proyecto, facilitando la comprensión de las mismas, y en algunos casos ofrecerlos al personal criterios para establecer rangos de aceptación de los productos y procesos. A través de esta herramienta, se facilita el control y el mejoramiento continuo de la obra.

“Esta técnica es extensible a la socialización que se debe hacer con la comunidad con el fin de generar un ambiente de acercamiento y receptividad entre la obra y los habitantes vecinos” (Pailiacho, 2014).

- **Enfoque del control al proceso completo**

En el proyecto debe establecerse una unidad jerárquica a través de la cual se canalicen todos los requerimientos del cliente de los diferentes frentes de trabajo con el fin de unificarlas, organizarlas y analizarlas para crear los controles a tener en cuenta durante su ejecución. Al respecto Pailiacho, afirma que “se debe crear un mecanismo de visualización y control global de la obra sin perder de vista a su vez la visualización y el control en cada una de las actividades constructivas que la conforman” (Pailiacho, 2014).

- **Mejoramiento continuo del proceso**

Consiste en la identificación y la comprensión de los procesos inherentes a determinado proyecto con el fin de establecer y aplicar mecanismos de medición de la productividad que sea posible realizar un análisis del comportamiento de la misma para retroalimentar cada uno de los procesos y generar mejoras. Ese ejercicio debe constituirse en una práctica permanente dentro de las organizaciones con el fin de optimizar las actividades constructivas que tienen lugar en la obra y favorecer el crecimiento de la organización (Pailiacho, 2014).

- **Balance del mejoramiento del flujo con mejoramiento de conversión**

En construcción de obras el flujo es considerado como el tiempo de espera y transporte de materiales que se presenten dentro de la misma, mientras que las conversiones corresponden a las transformaciones de los materiales para generar un producto a lo largo de la cadena de producción o ejecución de la obra. “Entonces, mediante la implementación de esta técnica se propone realizar un mejoramiento continuo, con el fin de optimizar los procesos de la obra mediante la eliminación de flujos innecesarios y armonizarlos con la conversión del producto para que funcionen como un todo” (Pailiacho, 2014).

- **Referenciación (Benchmarking)**

“La técnica del benchmarking (Boxwell, 1996) propone el estudio y conocimiento de los procesos y subprocesos internos de la organización, con el fin de identificar sus fortalezas y debilidades y compararlas con los competidores líderes del sector. Una vez realizado el análisis comparativo se procede a copiar, modificar o incorporar en los procesos internos las mejores prácticas de los competidores, todo esto enmarcado dentro de una competencia sana que propenda al mejoramiento continuo de las empresas del sector” (Pailiacho, 2014).

2.2.3. MARCO VDC

a. Sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering)

La Ingeniería concurrente busca integrar todos los elementos que conforman el proyecto, desde el diseño conceptual, hasta el último paso, la operación y mantenimiento. ICE (Ingeniería Concurrente Integrada) pretende que los desarrolladores desde un principio tengan en cuenta todos los elementos del ciclo de vida del proyecto, incluyendo: calidad, costo, y necesidades de los clientes. Este método conecta a cada uno de los responsables de cada área, por ejemplo, el cliente, el contratista, jefe de ingeniería, especialistas, subcontratistas, proveedores, etc; los reunirá para que estos, expongan sus ideas, problemáticas o sus propuestas de solución, de esta forma se mejora los flujos de comunicación, conociendo más a fondo el proyecto, trabajando por un mismo objetivo, optimizando tiempos y recursos.

Existen varias técnicas de la Ingeniería Concurrente, las principales son: benchmarking, lluvia de ideas, la mejora continua, entre otras.

Benchmarking, consiste en tomar como referencia, los mejores aspectos o prácticas, de algún área, para así aplicarlo al sector que necesite mejorar, la lluvia de ideas

consiste en agrupar a los encargados de cada área, exponer una problemática por la que se esté pasando y que cada uno de ellos, realice sus propuestas de mejora, todas ellas se analizarán y evaluarán, eliminando y descartando algunas, así poder llegar a la solución óptima, unitaria y con la que todos estén de acuerdo.

- **Concepto de Sesiones ICE**

Las sesiones de Integrated Concurrent Engineering (ICE) son una metodología de desarrollo efectivo y confiable en la cual se reúnen todos los implicados del proyecto (diseñadores, proyectistas, ingenieros de campo, subcontratas, capataces, etc.) con el fin de poder absolver todos los problemas que pudiesen resultar al momento de la ejecución de la obra. Se basa en la ayuda de la tecnología para crear y evaluar múltiples modelos virtuales para el mayor entendimiento del proyecto a construir. De acuerdo con lo planteado

Príncipe y Moreno, afirman que:

Los beneficios de las sesiones ICE significan una mejora en el enfoque de los problemas, mejora la comunicación efectiva entre todos los implicados y promueve la búsqueda y optimización de los recursos con los que se planean contar durante la ejecución del proyecto. La organización de estas sesiones está integrada por un líder de equipo quien controla los temas a tratar y recopila los resultados obtenidos; el facilitador, quien ayuda a mejorar la comunicación entre todos los miembros de la sesión; el recorder, quien redacta todo lo sucedido en la sesión y guarda la información importante y decisiones; y todos los miembros del equipo, quienes proponen alternativas de solución y desarrollo de los procesos y el entregable final (s.f.).

- ✓ **Stakeholders**

El Stakeholder viene a ser individual o un grupo del proyecto, es el responsable de una actividad dentro del proceso de trabajo.

- **Diseñadores:**

Son los arquitectos e ingenieros, los que poseen el conocimiento técnico, podría decirse que son el corazón de la empresa. Son ellos quienes deberán utilizar el software para representar sus diseños, en muchas empresas los ingenieros no requieren un conocimiento especializado de las tecnologías CAD.

Sin embargo, al implementar las tecnologías BIM sus habilidades con el software BIM deberán crecer y ser mayores a las capacidades y habilidades que estos poseían con el software CAD. Esto porque el software BIM no solamente permite representar y hacer planos, si no que ayudará directamente a algunas de las labores de diseño. (Montellano, 2013).

- **Propietario:**

Como su nombre lo dice es el dueño del proyecto, quien coloca los lineamientos principales quien utilizará la obra civil después de concluida la construcción.

- **Consultores:**

Toman un rol importante puesto que son los que muchas veces tienen la decisión en aspectos de diseño de los distintos sistemas instalados y deben coordinar el trabajo y diseño con varias áreas. Este rol estará fusionado o incluido dentro del rol del contratista para proyectos de diseño integrado.

- **Arquitecto:**

Dependiendo de la naturaleza del proyecto pueden ser ellos los que mayor peso tengan respecto a aspectos de diseño y su labor.

- **Contratista:**

Puesto que será el que en efecto construirá el proyecto, su opinión es altamente importante y determinará qué tan fácilmente se puede construir el proyecto o las dificultades que puedan surgir en su implementación.

- **Proveedores:**

Su rol puede ser decisivo en algunas partes del proyecto, puesto que la disponibilidad de algunos materiales de construcción o la entrega de determinados sistemas puede ser crucial para el proyecto. Algunos equipos que ellos tengan tendrán influencia en los espacios requeridos para su instalación, operación y mantenimiento.

- **Especialistas:**

Son aquellas personas que no forman parte de los sistemas tradicionales y que entran a jugar un papel importante cuando en la obra a construirse existen solicitudes muy especiales.

b. Mapeo de procesos (PPM)

ICE (Ingeniería Concurrente Integrada) va de la mano con el mapeo de procesos, en el cual tiene por objetivo, mostrar gráficamente las actividades que se llevan a cabo dentro del proyecto, de tal manera que todo aquel que lo lea sea capaz de comprender el alcance y llevar a cabo el proceso (Martínez, 2019).

c. Importancia de las métricas

VDC (Virtual Design and Construction) nos permite generar métricas de control, estas métricas nos permiten tener una visión objetiva del desarrollo del proyecto, de esta forma se tendrá métricas relacionadas al costo, plazos, entregables, calidad, interferencias encontradas, riesgos, productividad; es decir se mide, se reporta y se controla el estado de los proyectos (Martínez, 2019)..

- **Tipos de Métricas**

✓ **Porcentaje de actividades completadas (PAC)**

La definición que se le da al PAC es el total de actividades completadas dividido entre el total de actividades planificadas expresado como porcentaje. El PAC se vuelve así el estándar para una adecuada medición de la planificación. Se puede decir, por ejemplo, que una semana con un PAC del 60% es más productivo que otra semana con un PAC del 45%.

Luego de identificar las actividades planificadas que no fueron realizadas se procederá a analizar las causas de no cumplimiento (CNC). Es en este análisis donde el PAC proporciona un mayor beneficio, dando ideas fuerza de los puntos donde se está fallando, aportando mejoras al proceso e implementando soluciones. Algunas de las causas más comunes de no cumplimiento son las siguientes:

- Considerar actividades pre-requisito como liberadas, cuando no las están.
- Cambio en las prioridades de la obra, destinando recursos a actividades urgentes.
- Cambios por criterios del cliente.

Las razones de las causas de no cumplimiento son diversas, desde materiales e ingeniería hasta consecuencias de una mala organización o indefiniciones en los procesos, etc.

Cualquiera que sea la causa de no cumplimiento, lo importante es aprender de esta, para no repetirla en el futuro. Hay un punto importante que se puede observar en este nivel de planificación, y es el nivel de compromiso que tiene el grupo de trabajo con el cumplimiento del PAC, lo cual ayuda a generar un flujo de trabajo continuo y confiable.

✓ **Órdenes de Cambio identificadas a tiempo (OCT)**

Debido a los constantes cambios del proyecto y/o a las indefiniciones de este, se originan en obra diversos trabajos rehechos, generando retrasos y sobrecostos.

La identificación a tiempo de las órdenes de cambio permite reducir hasta en un 80% los trabajos rehechos, además de generar un flujo continuo de trabajo tanto en campo como en la gestión del proyecto.

El VDC sumado a las coordinaciones entre especialistas permite detectar estos cambios y/o implementar mejoras al proyecto con suma anticipación siendo uno de los mayores beneficios para la reducción del impacto económico de las órdenes de cambio.

✓ **Costo de Fallas.**

Refiere a los costos resultantes de productos o servicios no conformes a los requerimientos y necesidades del cliente. Pueden ser de dos tipos:

- Fallas internas. Los que ocurren antes de la entrega del producto o servicio: retrabajos, desperdicios, etc.
- Fallas externas. Aquellos que ocurren después de la entrega: postventa, devoluciones, etc.

✓ **Horas invertidas en la resolución de conflictos.**

El equipo de obra, así como los especialistas invierten actualmente una considerable cantidad de horas hombre en la compatibilización de planos y resolución de conflictos; horas que representan un costo hundido para el proyecto. Este costo puede ser minimizado mediante la implementación de la metodología VDC e invertido en el mejoramiento de la gestión del proyecto y desarrollo de sus funciones.

✓ **Ratio de interferencias a tiempo y costo en relación con el proyecto.**

Refiere al costo que pudieron representar las interferencias (trabajos rehechos en campo) de no haber sido detectadas a tiempo ya sea mediante la coordinación entre los especialistas y/o la implementación de la metodología VDC. Se establece una relación de

este costo en relación con el costo del proyecto y mide, indirectamente, la eficacia de la implementación VDC.

✓ **Participación del equipo en reuniones semanales**

Permite medir el nivel de compromiso que tiene el grupo de trabajo con el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Ante un indicador bajo, nos permite implementar mejoras, tales como modificar la duración, frecuencia o estructuración.

✓ **Cantidad de RFI's originados por interferencias o indefiniciones.**

Documento donde se registra toda condición o desviación encontrada en el proyecto. Los RFI's detectados en etapas tempranas del proyecto permiten medir la eficacia de la implementación VDC y representan un ahorro y rentabilidad al proyecto.

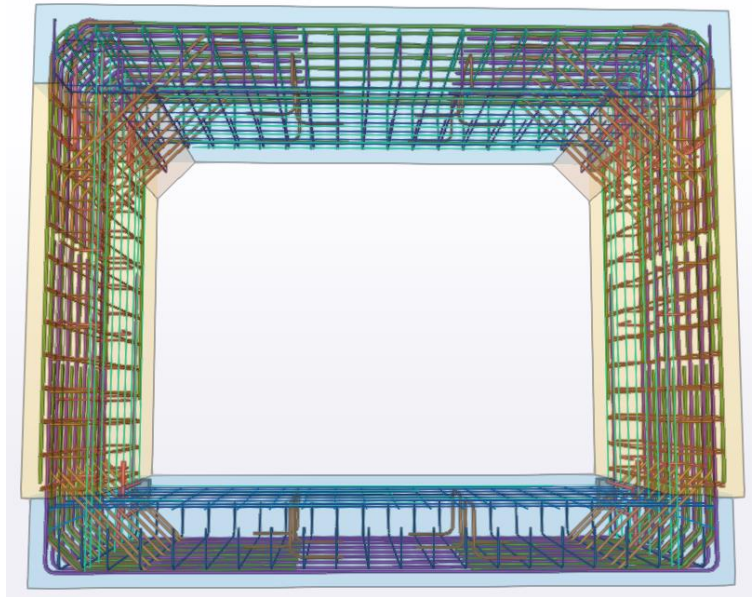
d. BIM

○ **Diseño Conceptual**

El proceso BIM se inicia en la fase conceptual, donde se modelan las propuestas sobre la concepción que se tiene sobre la infraestructura futura, generalmente se concibe junto con los propietarios o directivos para desarrollar la idea del proyecto en base a sus necesidades y estudios, se observan espacios, áreas, formas y entorno. Este tipo de modelos ayudan en la toma de decisiones ya que es una gran herramienta visual, al mismo momento que la idea del proyecto comienza a tener una base, puesto que este modelo 3D, se convierte en información sobre la cual se trabajará en fases posteriores.

Figura 7

Ejemplo de diseño conceptual



○ **Diseño Detallado (Estructuración)**

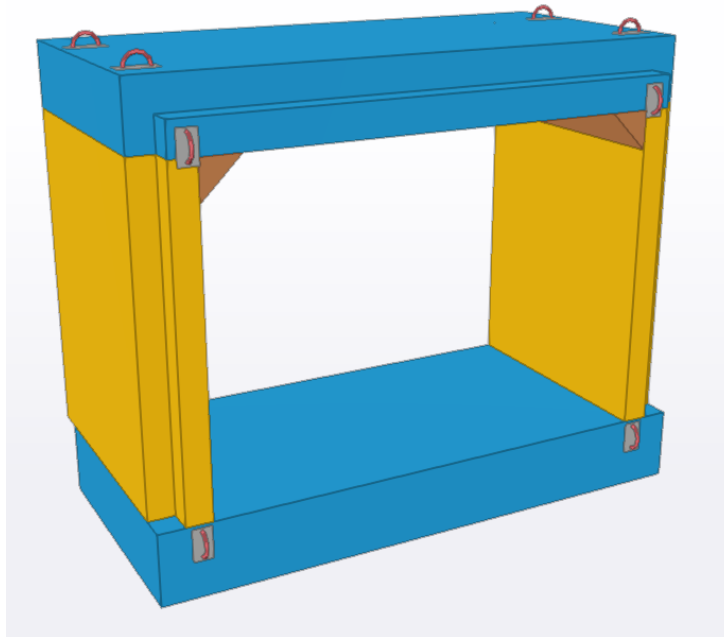
Teniendo como base el bosquejo del modelo 3D, en esta etapa, se definen de forma más precisa las dimensiones, se especifican materiales, en sí, se define la arquitectura del proyecto conforme a las normas establecidas, se da el predimensionamiento estructural y se definen las instalaciones electromecánicas.

El modelo tridimensional ya no es solo información geométrica, puesto que el modelo, no está compuesto solo por líneas como usualmente es en los sistemas tradicionales, en este caso son elementos estructurales. El modelo ahora contiene también información sobre los materiales, el tipo de función, propiedades, dimensiones, clasificación, con estas características a este nivel, se pueden realizar estimados superficiales sobre volúmenes, costos, tiempos de ejecución. De este modelo puede obtenerse una visualización más detallada, tener una idea más clara

de los espacios, en sí, una visión real de lo que será el proyecto, y en caso necesario realizar las modificaciones pertinentes (Pailiacho, 2014).

Figura 8

Ejemplo de estructuración



○ Simulación 4D

Las tecnologías 4D combinan modelos 3D con la cuarta dimensión, la cual viene dada por el tiempo proveniente de las duraciones de actividades de construcción representado en un programa de ejecución realizado en algún software de programación (ej. Primavera o MS Project). Al incorporar el tiempo, la construcción ocurre en etapas tempranas del proyecto, en un enfoque que va más allá de la forma tradicional de planificación de la estrategia de construcción: “Los Modelos 4D reflejan la realidad de la ejecución de la etapa de construcción del proyecto mejor que cualquier otro enfoque actualmente en uso”. Fisher (como se citó en Saldias, 2010).

Una de las grandes ventajas que tiene esta aplicación es que se puede incorporar la experiencia de construcción desde la etapa de diseño a través de un enfoque de constructabilidad mucho más avanzado, donde diseñadores, planificadores y constructores trabajan integradamente desde etapas tempranas del proyecto.

Así, los errores son captados antes de la ejecución con el correspondiente ahorro de costos y de tiempo que este análisis conlleva. Combinar las especificaciones de materiales y componentes con un buen programa de ejecución de obras para lograr una logística racional y un proceso de construcción eficiente es el principal propósito de estos modelos. Así se tendrá un abastecimiento a tiempo sin cuellos de botella en las distintas actividades constructivas, logísticas, de control, administrativas y gerenciales, etc. (Saldías, 2010).

- **Simulación 5D**

El concepto 5D se refiere a la introducción del factor costo, que al tener toda la información disponible, permite crear una simulación de construcción conforme a una ruta crítica, visualizando el proceso de construcción y con ello ir conociendo cual es la cantidad de insumos o recursos necesarios a aplicar en cada momento, con lo cual se puede establecer un plan de financiamiento adecuado con el tiempo y avance de la construcción, con el fin de evitar contratiempos, costos extras, o falta de capital (Pailiacho, 2014).

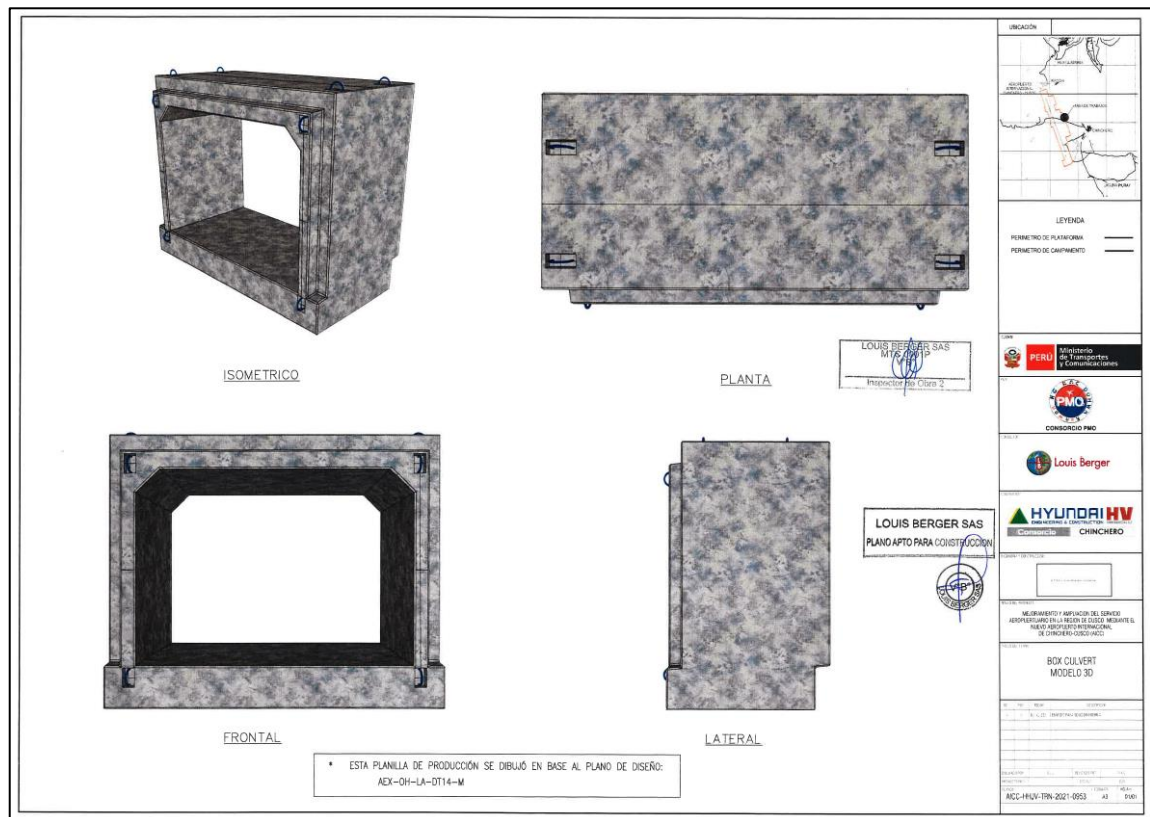
- **Documentación**

En el proceso BIM se contempla la generación de la información de salida que se obtiene del modelo de información para el proyecto, la cual se obtiene de manera instantánea y coordinada, puesto que toda la información viene de una sola fuente, siendo su manipulación muy sencilla, pudiendo de ella obtener planos,

especificaciones para fabricantes, cuantificación de obra, programa de obra, plan de secuencia de montaje, paseos virtuales realistas, diseño de maquetas e informes sobre los cálculos realizados y en sí, todo lo necesario para la correcta ejecución coordinada del proyecto (Pailiacho, 2014).

Figura 9

Box Culvert modelo 3D

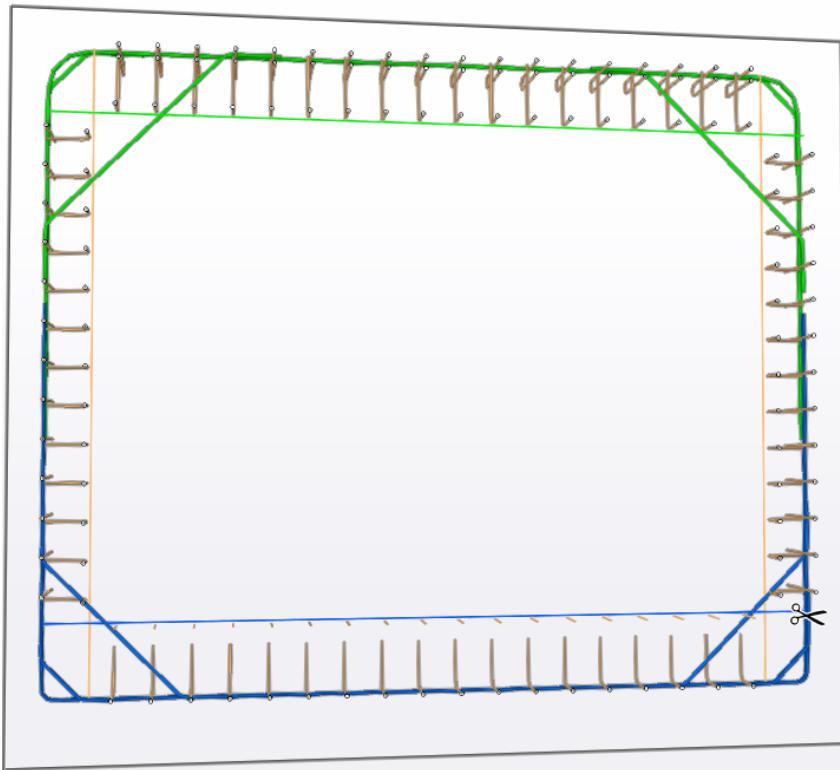


○ **Pre-armado**

En el proceso BIM, la documentación generada permite la prefabricación de muchas piezas. Esto es posible al tener en cuenta que con esta plataforma se pueden evitar conflictos en la construcción, ya que el modelo maneja un carácter de contemplación real, corrigiendo a tiempo posibles interferencias, ya sea físicas, como temporales, con lo cual se puede crear un plan de pedidos de fabricación, minimizando desperdicios y posibles atrasos en entregas (Pailiacho, 2014)

Figura 10

Proceso de fabricación y montaje de los pre armados



○ **Logística de Construcción**

Utilizando también la metodología BIM, es posible llevar un control de la planeación y seguimiento de la construcción, para que la obra se mantenga dentro de los tiempos requeridos, los montos presupuestados y con la calidad necesaria, así como el control de entrega de insumos, la disposición adecuada de los frentes de trabajo, para que con todo ello se pueda obtener un flujo constante y ordenado de trabajo.

Al disponerse de esta información en el modelo, se puede conocer en todo momento cual es el estado de la obra, su avance, la ubicación de la maquinaria y equipos especiales, cuáles son los estados de los pedidos y en sí, llevar el control de la obra en tiempo y costo, conociendo todos los factores que inciden en ella, con el fin de evitar conflictos o sorpresas (Pailiacho, 2014).

○ **Modelación Paramétrica**

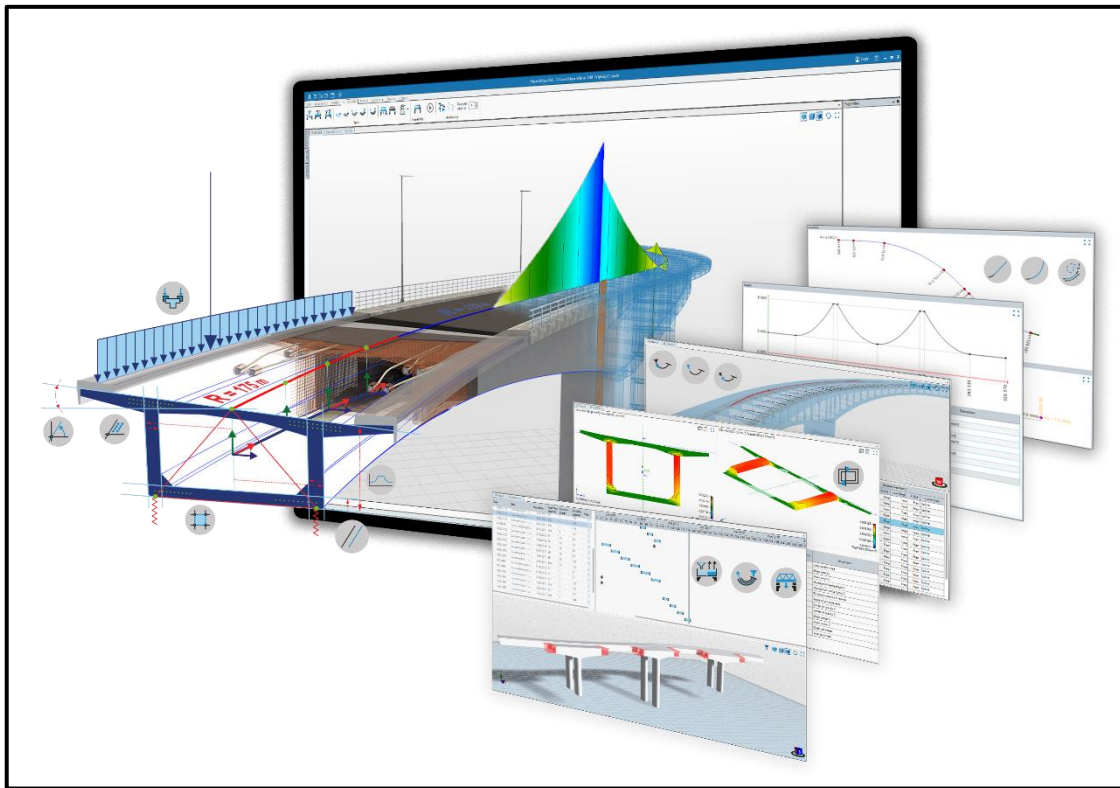
El uso de esta tecnología se basa en crear maquetas tridimensionales con información paramétrica de sus elementos, con propiedades de materialidad, geometría, cantidades, propiedades particulares, costo o algún otro tipo de característica que se desee incluir. Está regido por datos estandarizados, permitiendo la interoperabilidad del modelo con los distintos participantes de un proyecto. Debido a que posee una gran facilidad de modelamiento paramétrico, es posible tener una representación virtual con datos necesarios para automatizar la gestión, por lo que cuenta con la ventaja de poder realizar planificación de obras y su visualización de construcción en tiempo real, logrando dar una visión más cercana de lo que se obtendrá como producto una vez finalizado, transformándose en una pre-construcción del proyecto en su totalidad (Pailiacho, 2014).

Al trabajar con objetos paramétricos inteligentes, se cuenta con una base de información que entrega tanto datos geométricos como materialidad, resistencia y otros, que les dan un valor agregado a los elementos, transformando una representación gráfica en una representación virtual siendo en conjunto un modelo con condiciones reales del proyecto. Además, la ventaja de esta parametrización de los elementos es que al cambiar sus propiedades se logra cambiar rápidamente su geometría, tarea extremadamente ventajosa al comparar con programas de diseño tradicionales basado solamente en representación gráfica (Pailiacho, 2014).

Se refiere a que los elementos son representados por parámetros y reglas que determinan la geometría y algunas propiedades no geométricas.

Figura 11

Ejemplos de Modelación Paramétrica



Nota. El modelo paramétrico mejora el proceso de planificación en la industria de la construcción. Fuente: Internet – All Plan Bridge 2020

○ **Interoperabilidad**

El concepto de interoperabilidad se relaciona con el traspaso de datos entre programas computacionales. Es también un esfuerzo importante en la búsqueda por recuperar rápidamente información confiable y consistente desde otros programas computacionales. El traspaso expedito de datos entre especialidades (y por ende entre distintos softwares) es vital para hacer más eficiente los procesos de trabajo y una de las principales trabas que ha existido para una correcta operación de los sistemas BIM (Saldias, 2010).

Los problemas de interoperabilidad pueden ser:

- Vincular herramientas de distintas especialidades.
 - Trabajos de distintas plataformas (distintos softwares) en una misma especialidad.
 - Distintos procesos y/o culturas de trabajo de las organizaciones respecto a los niveles de detalle de los modelos, a los alcances de los trabajos y al nivel de conocimiento/competencias de cada empresa.
- **Entregables BIM en la etapa de diseño.**
- ✓ **Modelo BIM de anteproyecto**
- El VDC permite desarrollar el anteproyecto mostrando la volumetría, la estructura, distribución espacial y, en general, las condiciones generales y locales del proyecto basadas en su ubicación y orientación. Este modelo, expresa la intención del diseñador y el cliente. Fuente: Comité BIM del Perú (2013).
- Este entregable, permite realizar el análisis de la operación del proyecto estableciendo criterios iniciales de diseño y/o mejoras que puedan afectar los aspectos funcionales del proyecto, tales como la integridad estructural, entre otros (Galán, Franco de Souza, & García, 2017).
- ✓ **Modelo BIM de Proyecto**
- Luego de haber realizado el diseño de las especialidades basadas en el entregable anterior, se realiza la detección de conflictos. Este análisis permite identificar las colisiones entre elementos de la misma especialidad o entre especialidades, lo cual permite a los especialistas eliminar estos conflictos, de ser posible de inmediato, y pulir el diseño del proyecto a través de las denominadas Sesiones ICE (Galán, Franco de Souza, & García, 2017).
- ✓ **Proceso de diseño VDC**

- Reuniones de Anteproyecto con Projectistas y Proveedores
- Se debe incluir al constructor y especialistas, que tendrán un rol de asesores en el diseño del proyecto.
- Los asesores pueden variar la distribución, debido a las preferencias o ventajas que estos puedan incluir en el proyecto y son únicos de cada proveedor.
- Modelado de Arquitectura y Estructuras
- Sesiones de Ingeniería Concurrente Integrada (ICE) con los stakeholders, especialistas de Estructuras y Arquitectura y el constructor.
- Modelado de Instalaciones Eléctricas, Sanitarias y Mecánicas
- Sesiones ICE con los stakeholders, especialistas y el constructor.

(Galán, Franco de Souza, & García, 2017).

✓ **Herramientas para realizar VDC**

Variedad de herramientas y técnicas se han desarrollado bajo el marco del VDC: Herramientas de visualización del producto (tecnología de modelado de objetos 3D como AutoCAD ADT, Revit). Las herramientas de visualización de producto se utilizan para crear un entendimiento común entre los participantes en el proyecto sobre la forma del del proyecto, se verá como cuando se haya completado. También se puede utilizar para coordinar el trabajo de diversas disciplinas como la mecánica, eléctrica y de sanitarias (Clayton et al, 2002).

También existen diferentes productos, procesos y herramientas para la visualización, tales como NavisWorks y Trimble Connect. Estas herramientas permiten a los equipos de proyecto no sólo visualizar el modelo 3D del proyecto, sino también para comprender cómo se construye con el tiempo (Koo et al, 2000).

Las técnicas para analizar la eficacia de las reuniones de múltiples partes interesadas con el fin de cumplir con los objetivos de negocio del proyecto y el cliente (Bicharra garcia et al, 2003).

- **BIM durante la etapa de diseño**

- ✓ **Visualización:**

Ya sea en una forma estética como funcional, los sistemas BIM ofrecen la posibilidad de hacer los modelos con cierto grado de realismo pudiendo exportar vistas en 2D (Plantas, cortes, elevaciones, detalles, etc.), en 3D (isométricas, perspectivas, renders), en 4D (simulaciones de construcción) y 5D (estimaciones de costo). Esto permite que el diseño de un proyecto sea más comprensible por parte de todos los involucrados, incluso si no cuentan con conocimiento técnico sobre en el tema (Ruiz, 2015).

- **BIM durante la etapa de construcción:**

- ✓ **Estimación de la cantidad de materiales:**

La estimación de la cantidad de materiales con BIM, comúnmente conocida en nuestro medio como metrados, ofrece una nueva forma de trabajar, pues estos pueden ser obtenidos directamente de un modelo BIM después de finalizada la etapa de modelado 3D. Esto es razonable ya que los modelos BIM representan una fuente de información y una base de datos, y todos sus componentes, de acuerdo con su geometría, tienen asociados distintos parámetros de cantidad de materiales que pueden ser extraídos del modelo BIM, generando hojas reportes de las principales partidas de materiales de un presupuesto (Alcántara, 2013).

- ✓ **Detección de conflictos**

La construcción consiste en la materialización de los diseños estructurales, arquitectónicos y de instalaciones. En obra, los enfrentamientos entre estas especialidades pueden significar retrabajo, generando pérdidas en términos de tiempo y costes. “Al respecto, la tecnología BIM puede ser usada para detectar estos conflictos o interferencias, ayudando a evitar los riesgos que puedan derivar de la no identificación de los mismos” (Alcántara, 2013).

✓ **Visualización**

A través del análisis de los componentes del proyecto, en los modelos 3D se puede analizar la topología de la construcción, que puede servir de ayuda para la generación del planeamiento de la construcción. Tradicionalmente, el planeamiento de la construcción es un factor crítico en la gerencia de la edificación. El planificador de la construcción es una persona con mucha experiencia en la construcción de puentes que sabe estimar el trabajo y los equipos requeridos para la construcción del puente. Usando este conocimiento es creado un planeamiento de la construcción, el calendario para otros planes tales como transporte, medida, seguridad, etc. (Alcántara, 2013).

✓ **Simulación 4D**

Las tecnologías BIM-4D combinan los modelos BIM-3D con la cuarta dimensión que viene dada por las duraciones de las tareas de construcción programadas en un calendario de obra con algún software (p.e. Primavera o MS Project). Al combinar las actividades de un programa de ejecución de la construcción con elementos de un modelo BIM-3D se obtiene una simulación visual de la secuencia constructiva, que también es conocida como modelo 4D, ya que muestra simultáneamente las tres dimensiones geométricas del proyecto, más la cuarta dimensión del tiempo

proveniente de las duraciones de las actividades de los procesos de construcción
(Alcántara, 2013).

2.3. LIMITACIONES

Las limitaciones que pude encontrar en el desarrollo de este trabajo de suficiencia fueron las siguientes:

- El límite de tiempo que tenía durante la semana, esto se debía que mi domicilio se encuentra ubicado en Huaycan y mi centro de labores en San Borja por lo que el tráfico en hora punta me jugo en contra, esto hacía que tenga poco tiempo para dedicarme a avanzar el trabajo durante las noches entre 30 a 60 minutos aproximadamente de lunes a viernes en el transcurso de la semana, por el contrario, los días domingos de los 2 meses que duró el ciclo de Trabajo de suficiencia los dediqué a tiempo completo para poder terminarlo y entregar en las fechas establecidas a mi asesor.

Con respecto al desarrollo del proyecto laboral ejecutado se presentaron además otras limitaciones:

- Limitación de personal debido a las estrictas normas de seguridad que se tenía por parte del área SSMA y el área médica para el ingreso de nuevo personal que tenía que cubrir el puesto de algún operario que se enfermaba de Covid 19 y tenía que llevar una cuarentena domiciliaria.
- Limitación de ingreso de equipos y/o materiales ya que debido a los tramites documentarios se demoraban en la aprobación.

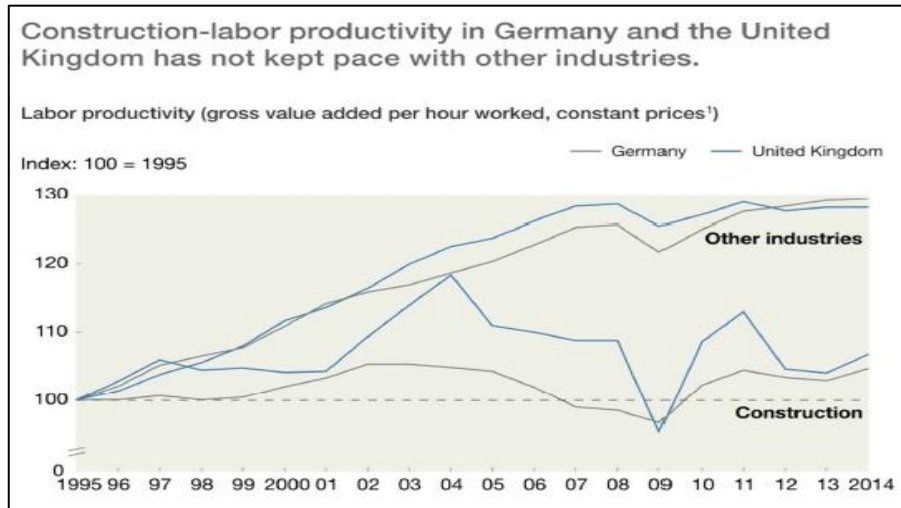
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Desde el punto de vista internacional, el problema se direcciona debido al desarrollo tecnológico actual, la información y especialización en los proyectos de

construcción son más específicas, ya que los procesos y herramientas incluidas están más industrializadas, por lo que se está aumentando el nuevo nivel de exigencia requerido tanto en el diseño del proyecto como en su construcción y ejecución.

Figura 12

La productividad de mano de obra en Alemania y Reino Unido, desde 1995 hasta 2014



Nota: En estos tiempos existen grandes diferencias de innovaciones presentadas, evidenciándose en la menor productividad de la mano de obra, como se muestra en la figura, existiendo una pésima eficiencia en los procesos que son ejecutados tradicionalmente, asimismo, se ha perdido la importancia de la innovación con tecnología, haciendo que prevalezcan los sobrecostos, re-trabajos y atrasos en el cumplimiento de los proyectos, pareciendo difícil el reducir los tiempos de ejecución. Fuente. Organization for Economic Co-operation and Development

Durante el último siglo, la industria de la construcción se ha desarrollado con el tiempo, adquiriendo una complejidad progresiva. Es así como la cantidad y nivel de especialidades en diseño han aumentado por año significativamente, de 10 o más, donde cada profesional se desarrolla individualmente y coordina con anticipación el diseño y

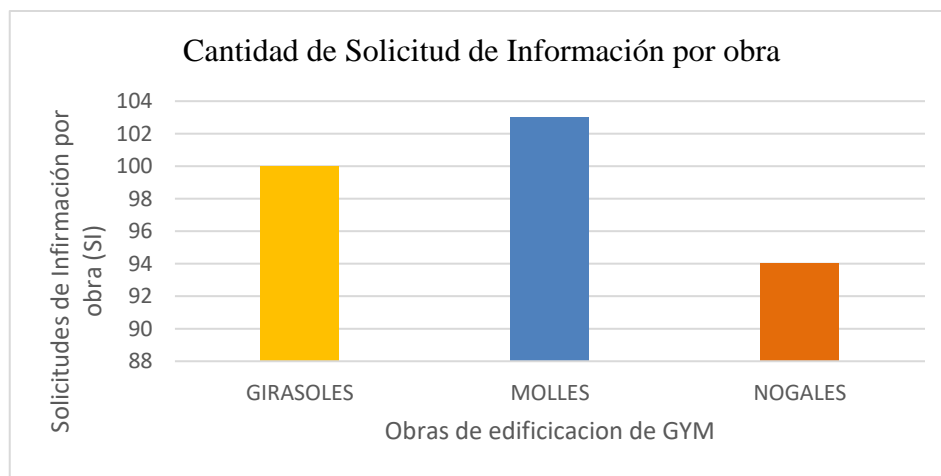
construcción del proyecto, de tal manera que se cumplan las expectativas, sobre el producto final, tanto del cliente como del constructor.

En el Perú, el problema básico es que existe un ineficiente sistema de comunicación ante las preguntas y/o incertidumbres de ciertas obras públicas y privadas. Estos producen consecuencias económicas, así como lo plantea Rodríguez y Quispe:

La alternativa o respuesta a los problemas demoran varias semanas en ser respondidas, causando reunión muerto en personal, equipos alquilados y afines; demostrando la herida en el deber colaborativo y se generan controversias en situaciones cuando la toma de solución se adelanta a la respuesta del SI y no coinciden; en ese albur el remedio es peor que la afección (2017, p.15).

Figura 13

Cantidad de Solicitudes de Información (SI) de 03 obras de Edificaciones de GyM S.A.



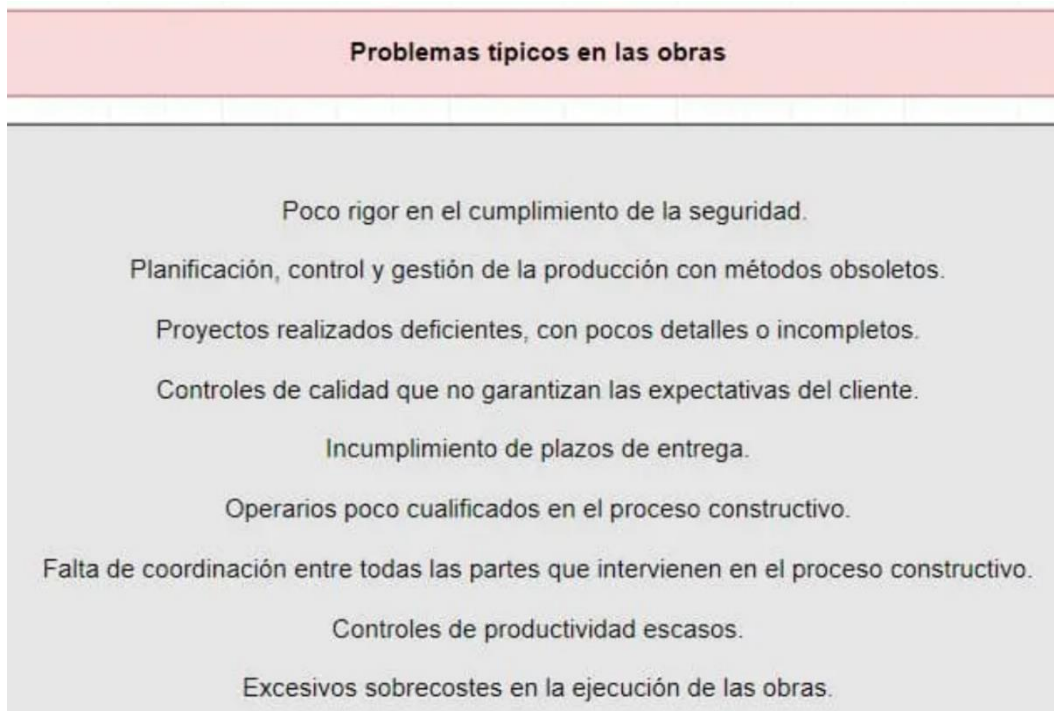
Fuente: Padilla Saavedra, N. & Quispe Rodríguez, K. – 2017.

Asimismo, en el medio local, es común existan muchas correcciones u ocurrencias dentro la cuales podemos referir: cambios al diseño original por información incompleta; las especialidades no tuvieron una correcta compatibilización entre ellas donde en algunos casos, un claro ejemplo es cuando en la arquitectura te indican 9 vigas, sin embargo en la

estructura te indican 6; el equipo encargado del diseño es poco experimentado para compatibilizarlo; falta de capacitaciones para que los profesionales puedan integrar las especialidades.

Figura 14

Principales causas de los problemas en un proyecto en etapa de construcción



Fuente: Gestión Lean de Proyectos de Ingeniería.

Lo antes mencionado va a afectar de manera directa al costo y plazo del proyecto.

Al respecto Galán afirma que:

La metodología VDC al tener como visión el diseño y construcción virtual, se permite ver al mínimo detalle todos los puntos que incurren en las respectivas especialidades, de esta manera se reduciría y hasta eliminaría las ocurrencias mencionadas con antelación. Pero al parecer, la implementación de esta metodología en proyectos de mediana o baja envergadura implica un costo mayor al estipulado, por lo que al parecer los vuelve inviables; la razón es por una falta de

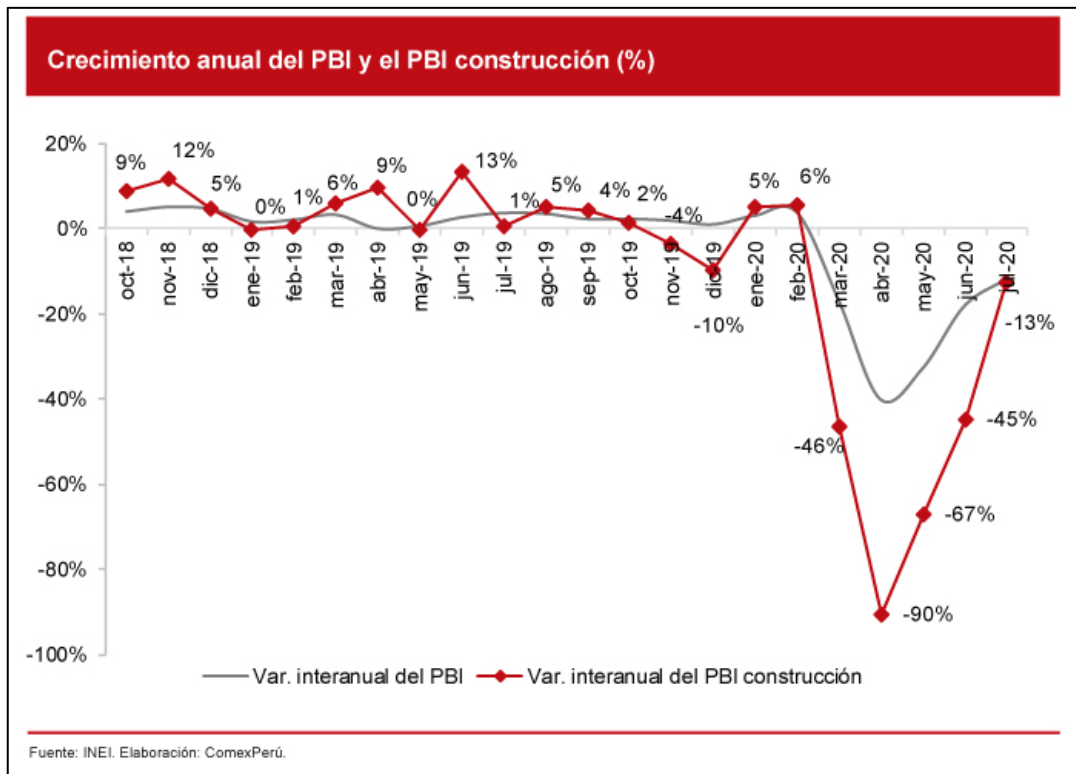
análisis empresarial para determinar su posibilidad de ser ejecutado y poder reducir los problemas identificados (2017, p. 25).

Asimismo, (Andina, 2020, p. 28) señala que: “la idea es que las obras no tengan adicionales ni ampliaciones de plazo, caso que es difícil en nuestro medio por la adopción del modelo Diseño/Licitación/Construcción, todo esto se vuelve más notorio en obras de gran envergadura como by passes, intercambios viales y afines, que por su concepción los problemas suelen ser muy tediosos para todos los interesados del proyecto”.

El Estado Peruano es consciente que la reactivación económica producto del COVID 19, ha mermado mucho las principales actividades económicas en nuestro país, por lo que para reactivarla tiene como punto importante las obras de construcción, tal como lo mencionó el ingeniero Martín Vizcarra, presidente del Perú, se realizarán grandes inversiones en infraestructura, por lo que se debería tener un mejor control en el desempeño de la fase de planificación de todas las especialidades, realizando un trabajo colaborativo eficiente, por lo que se cree que la metodología VDC ayudará muchísimo al lograr ese fin.

Figura 15

Evolución del índice en el Sector Construcción (PBI de Construcción): 2018 -2020



Nota. Como se observa, la caída del PBI construcción ha sido sostenida desde el mes de marzo y una de las mayores con respecto al PBI total, con un pico en abril de 2020 (-90%).

Fuente: INEI

principalmente el sector de la construcción el cual buscara ser uno de los factores que ayuden a la economía, por lo que el desarrollo de la gestión de diseño, licitación y construcción debe ser eficiente y para ello, el Estado debería implementar la metodología VDC y capacitar a sus profesionales.

“Todo lo antes mencionado debe permitir a las empresas, capacitarse en estas nuevas tendencias informáticas para poder tener una competencia adoc a estos tiempos, de esta manera obtener un entregable de calidad a bajo costo y tiempo” (Galán, 2017, p. 30).

3.1. EXPERIENCIAS

Experiencia 1.- Coordinador BIM de la empresa Tecnología y Soluciones

Constructivas SAC donde desarrollamos el modelamiento en BIM de los proyectos de obras civiles como PUENTE TINGO MARIA y PUENTE NANAY, y de edificaciones como el edificio La venturosa, adicionalmente me encargue de la gestión del abastecimiento del acero de refuerzo dimensionado y prearmados. El cual se realizó en el año 2018 al 2021. (Ver anexo 1).

Experiencia 2.- Ingeniero de Producción en la Empresa Parihuaman Contratistas

Generales EIRL, realizando la labor de la organización, planificación, mejoramiento continuo y control de los procesos en la partida de Acero de Refuerzo en la obra:

EDIFICIO THE MODERN, AV. EL SOL OESTE, JIRON LAS MIMOSAS, BARRANCO 15063. El cual se realizó en el año 2021, del 01 de marzo hasta el 31 de marzo del 2021. (Ver anexo 2).

Experiencia 3.- Ingeniero de Calidad en la Empresa Loayza y Diaz Constructores

SAC, realizando la labor de elaborar el plan de calidad, elaborar el índice del Dossier y control de calidad en la obra: REFORZAMIENTO DEL MULTISILO IV-UNACEM, ATOCONGO, LIMA 15822. El cual se realizó en el año 2021, del 01 de abril hasta el 07 de mayo del 2021. (Ver anexo 3).

Experiencia 4.- Ingeniero de Producción en la Empresa Tecnología y Soluciones

Constructivas SAC, realizando la labor de la organización, planificación, mejoramiento continuo y control de los procesos en la partida de Acero de Refuerzo en la obra: EDIFICIO PLAZA 27, CALLE AUDIENCIA 190, SAN ISIDRO 15046. El cual se realizó en el año 2021, del 23 de julio hasta el 10 de diciembre del 2021. (Ver anexo 4).

Experiencia 5.- Ingeniero de Producción en la Empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción SAC, realizando la labor de la organización, planificación, mejoramiento continuo y control de los procesos en la partida de Acero de Refuerzo en la obra: BOX CHINCHEROS, ATOCONGO 2802, VILLA MARIA DEL TRIUNFO 15822, SAN ISIDRO 15046. El cual se realizó en el año 2022 del 24 de enero hasta el 05 de marzo del 2022. (Ver anexo 5).

Experiencia 6.- Ingeniero de Calidad en la Empresa Loayza y Diaz Constructores SAC, realizando la labor de elaborar el plan de calidad, elaborar el índice del Dossier y control de calidad en la obra: REFORZAMIENTO DEL MULTISILO II-UNACEM, ATOCONGO, LIMA 15822. El cual se realizó en el año 2022, del 29 de marzo hasta el 11 de mayo del 2022. (Ver anexo 6).

3.2. PROCESO DE INGRESO A LA EMPRESA

Ingresé a la empresa Tecnología y Soluciones Constructivas SAC a fines del año 2018, con el propósito de seguir formándome en la metodología BIM, en mis inicios de actividades tuve el cargo de asistente de coordinador BIM, dentro de mis funciones estaba el coordinar semanalmente con el cliente para el avance de los modelos BIM y planificar la llegada del material de acero de refuerzo de dimensionado y prearmado para la obra “PUENTE TINGO MARIA-CASTILLO GRANDE, DISTRITO DE RUPA RUPA- PROVINCIA DE LEONCIO PRADO-DEPARTAMENTO DE HUANUCO. Realizando el trabajo de organizar y coordinar que se cumplan tanto los requerimientos del Plan de Ejecución BIM y cumplir lo detallado en el expediente técnico de obra, a su vez los informes semanales de avance del modelo BIM y el acero de refuerzo que se envió a fabricar y las fechas de llegada conforme la programación de la obra.

En el año 2021 ingrese a la Empresa Parihuaman Ingenieria y Construcción EIRL como ingeniero de Producción para ver la partida de acero de refuerzo en la obra: EDIFICIO THE MODERN, AV. EL SOL OESTE, JIRON LAS MIMOSAS, BARRANCO 15063. Mis funciones era hacer seguimiento del rendimiento diario y semanal del personal obrero, de esta manera podía evaluar las cuadrillas que requería para cumplir las tareas designadas por la obra, además de verificar que se cumpla tal cual se tiene en los planos del proyecto. Hacer la valorización semanal para presentar al cliente, para ello hacia un metrado semanal de todo lo que se tenía avanzado.

3.3. EQUIPO TECNICO DEL PROYECTO

Tabla 3

Equipo técnico de la empresa Parihaman Ingenieria y Construcccion delegado para el proyecto

Nombre	Cargo
Marcial Parihuaman	Gerente
Roberto Cancino	Ingeniero de Producción
Roicer Davila	Ingeniero de Calidad
Mario Valdarrago	Administrador de obra
Daniel Izaguirre	Capataz

3.4. EXPLICA LAS FUNCIONES QUE DESEMPEÑO

Tabla 4

Funciones del Ingeniero de producción

Empresa	Cargo	Funciones
Parihuaman Ingeniería y Construcción SAC	Ingeniero de Producción	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión y entrega de la documentación de trabajadores para el inicio del proyecto al área de seguridad de Entrepisos. - Seguimiento y gestión de requerimiento de los materiales y equipos. - Valorización semanal. - Seguimiento del rendimiento del personal diario.

3.5. ETAPAS DE LA EXPERIENCIA

3.5.1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

a. Problema general

¿Cómo aplicar la metodología Virtual Design and Construction en la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo para el proyecto Box Chincheró, Lima 2022?

b. Problemas específicos

b.1 Problema específico 1

¿Cuál era la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo antes de la aplicación de la metodología Virtual Design and Construction en el proyecto Box Chincheró, Lima 2022?

b.2 Problema específico 2

¿De qué manera se implementó la metodología Virtual Design and Construction para mejorar en la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo para el proyecto Box Chincheró, Lima 2022?

b.3 Problema específico 3

¿De qué manera influyó la aplicación de la metodología Virtual Design and Construction en la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo para el Proyecto Box Chincheró, Lima 2022?

3.5.2. PLANTEAMIENTO DEL OBJETIVO

a. Objetivo general

Aplicar la metodología Virtual Design and Construction para mejorar la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo para el Proyecto Box Chincheró, Lima 2022.

b. Objetivos específicos***b.1 Objetivo específico 1***

Determinar la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo antes de la aplicación de la metodología Virtual Design and Construction para el Proyecto Box Chincheró, Lima 2022.

b.2 Objetivo específico 2

Descripción de la implementación de la metodología Virtual Design and Construction en la mejora de la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo para el Proyecto Box Chincheró, Lima 2022.

b.3 Objetivo específico 3

Determinar la influencia de la aplicación de la metodología Virtual Design and Construction en la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo para el Proyecto Box Chincheró, Lima 2022.

3.5.3. PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL OBJETIVO**a. Del objetivo específico 1**

La instalación del campamento se hizo entre el 31 de enero al 01 de febrero del 2022, en el análisis inicial para cumplir con el trabajo requerido se iba a necesitar mínimo 5 operarios para cada Box, en las reuniones con Aceros Arequipa indico que con solo 3 operarios se podía cumplir con el trabajo para cada Box, el 02 de febrero del 2022 se iniciaron los trabajos con 6 operarios para producir 2 Box al día, el arranque del proyecto se tuvo varias complicaciones (escaso recurso de mano de obra, acero dimensionado con observaciones, soldadura deficiente).

En la proyección de Aceros Arequipa para considerar un mayor rendimiento de la mano de obra y tener poco personal en campo era que todo el acero llegue dimensionado y

con prearmados que iban a ser soldados para esta última consideración se optó por usar el acero corrugado ASTM A706-grado 60, lo que no se esperaba era que en campo iba a llegar acero mal dimensionado para lo que tuvo que usarse recurso para el habilitado, además la soldadura fue observado por parte de la supervisión el cual nos retrasaba ya que para la liberación se requería que la estructura este tal cual se hizo la propuesta inicial por parte del área de ingeniería de Aceros Arequipa (TSC Innovation) lo que prácticamente nos generaba retrabajos y desperdicio de recurso.

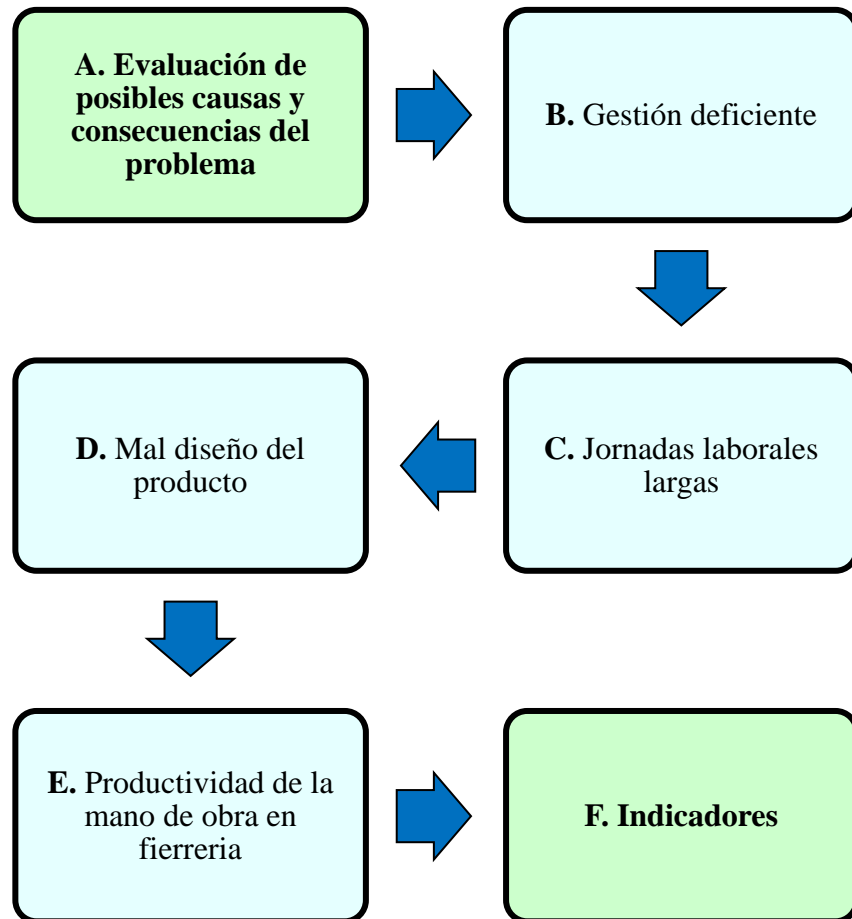
Tabla 5

Estrategia de desarrollo para el diagnostico

FASE	OBJETIVOS	HERRAMIENTAS/MODELOS
Diagnostico	Determinar la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo antes de la aplicación de la metodología Virtual Design And Construction para el Proyecto Box Chinchero, Lima 2022.	A. Evaluación de posibles causas y consecuencias del problema <ul style="list-style-type: none"> ▪ Árbol del problema (causas y consecuencias) B. Gestión deficiente C. Jornadas laborales largas D. Mal diseño del producto <ul style="list-style-type: none"> ▪ Flujo de producción E. Productividad de la mano de obra en fierreteria <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lista de despiece ▪ Rendimientos y cantidad de mano de obra F. Indicadores <ul style="list-style-type: none"> ▪ Variación del costo de mano de obra vs el presupuesto. ▪ Cumplimiento de avance

Figura 16

Secuencia de la estrategia para el diagnóstico de la productividad de la mano de obra en ferrería.

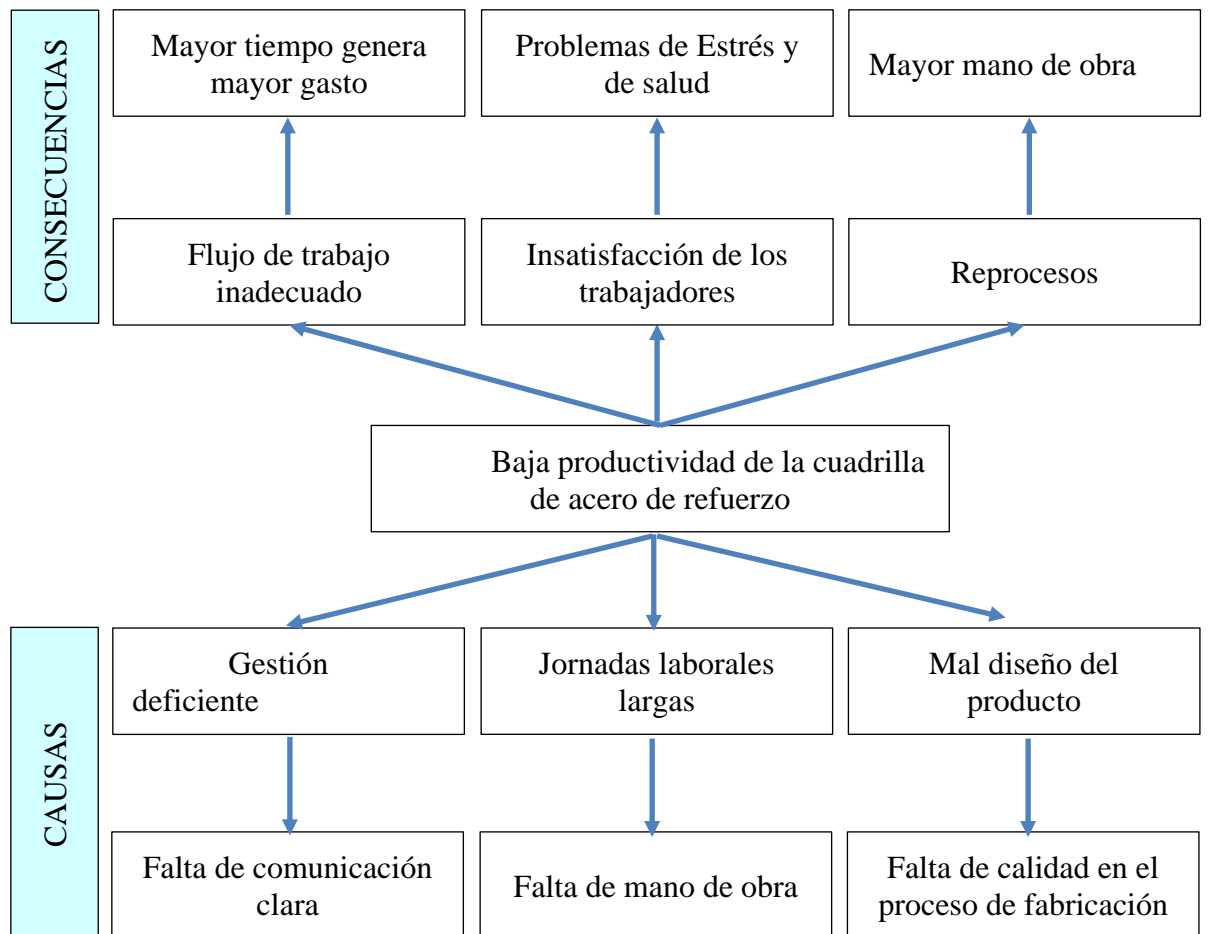


A. Evaluación de posibles causas y consecuencias del problema

Para poder evaluar las posibles causas y consecuencias, se utilizó la técnica el árbol de problemas, la cual consiste en relacionar cada componente negativo para luego intentar dar solución con la experiencia laboral.

Figura 17

Árbol del problema (causas y consecuencias)



B. Gestión deficiente

La mayoría de los problemas que se tiene en la gestión están directamente relacionados con una mala planificación y comunicación interna. No resolver estos problemas a tiempo por falta de conocimiento, análisis, herramientas adecuadas o abordaje profesional compromete a la organización y acabará teniendo consecuencias en los resultados.

C. Jornadas laborales largas

Las largas jornadas laborales de trabajo se derivan en improductividad y problemas de salud. La depresión es uno de los problemas más comunes en aquellos empleados con

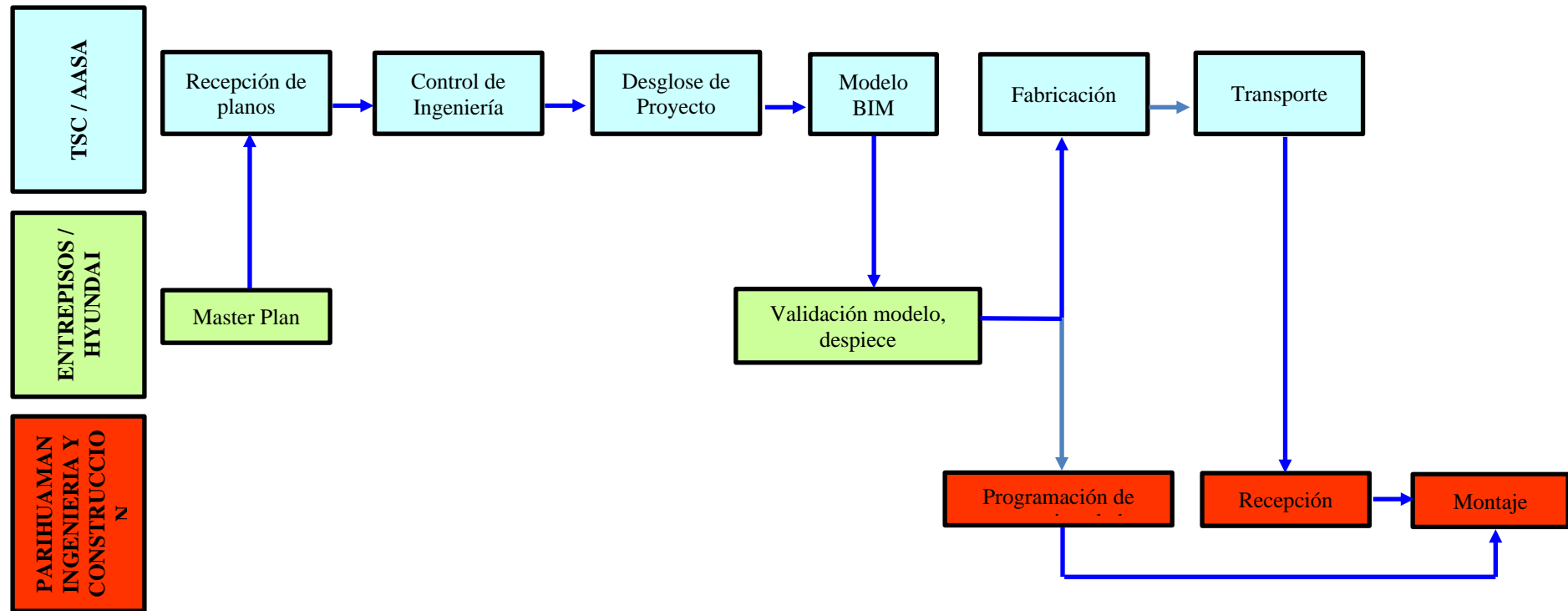
largas jornada de trabajo, además la realización de trabajos mecánicos o repetitivos puede derivar en problemas musculares si se realizan con demasiada frecuencia.

D. Mal diseño del producto

Los problemas de mal diseño pueden surgir en la forma de errores en fabricación debido a la maquinaria, daños o fallas en el funcionamiento durante la fabricación, ensamble, error humano; por ello es importante la gestión de la calidad durante todo el proceso de materialización de una obra, desde el estudio hasta la post entrega, es decir, debe ser estudiada, diseñada, planificada y construida.

Figura 18

Flujo de producción entre las empresas Entrepisos, TSC-AASA y Parihuaman Ingeniería y construcción



Nota. En la figura se muestra el flujo inicial de cada etapa para cumplir la entrega del material de acero de refuerzo (Dimensionado y prearmado) y montaje de la armadura del Box. Fuente: Elaboración propia

E. Productividad de la mano de obra en herrería

Se muestra gráficamente como en la Figura 24 se tenía proyectado por parte de la Empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción tener 10 operarios de herrería para cumplir 2 cajas diarias pero debido a la decisión de la Empresa Aceros Arequipa se tuvo solo 6 personas para cumplir con las 2 cajas diarias (Figura 23), la decisión inicial de tener poco personal en campo, acompañado en los problemas de calidad en la producción por parte de Aceros Arequipa (Figura 26) hizo que el personal tenga que trabajar horas de jornada extensiva de lunes a sábado como se muestra en la Figura 25 además de no cumplir con el rendimiento inicial por lo que se tuvo que ir aumentando la cantidad de personal semanalmente para cumplir con el habilitado del acero que había llegado mal dimensionado y con la instalación de los Box, debido a estos inconvenientes se vio mermada el rendimiento diario del personal donde prácticamente se pudo avanzar solo 1 Box diario en las 3 primeras semanas (Figura 25), teniendo retraso en la entrega del resto de Box según lo programado.

Tabla 6

Lista de despiece de 1 Box

Pieza	Forma	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	e (m)	f (m)	Cant. x elem.	Diam	Total
B1	100	4.16						16	5/8"	103.301Kg
B2	300	2.06	3.76	2.06				2	5/8"	24.460Kg
B2a	300	2.06	4.16M	2.06				16	5/8"	205.609Kg
B3	100	3.50						16	5/8"	86.912Kg
B4	315	1.32	0.30	1.08	2.00	0.93	0.76	28	5/8"	117.331Kg
D1	403	0.70	0.08	1.84	0.36			26	1/2"	77.015Kg
D2	403	0.70	0.08	1.84	0.34			22	1/2"	64.729Kg
D2a	403	0.70	0.08	1.82	0.36			2	1/2"	5.884Kg
D3	100	1.84						24	1/2"	43.895Kg

Pieza	Forma	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	e (m)	f (m)	Cant. x elem.	Diam	Total
D4	300	0.26	1.84	0.26				22	1/2"	51.608Kg
H1	315	0.30	1.32	0.30	1.74	0.21	0.21	16	3/4"	68.659Kg
H2	315	0.30	0.88	0.30	1.30	0.21	0.21	16	3/4"	52.925Kg
K1	991HZ	2.89	0.41	0.92	0.22	0.92	0.41	4	1"	45.928Kg
K2	504	0.41	0.98	0.23	0.98	0.41		4	1"	47.835Kg
R1	315	0.30	0.30	0.30	0.72	0.21	0.21	18	3/4"	36.207Kg
R2	315	0.30	0.30	0.30	0.72	0.21	0.21	32	5/8"	44.698Kg
S1	800	0.35	0.30	0.56	0.30	0.35		4	3/4"	16.628Kg
S2	800	0.35	0.36	0.56	0.36	0.35		4	3/4"	17.701Kg
T1	300	2.06	4.16	2.06				8	3/4"	148.046Kg
T1a	300	2.06	3.70	2.06				1	3/4"	17.478Kg
T1b	300	2.85	4.16	2.85				1	3/4"	22.037Kg
T2	100	4.16						8	3/4"	74.381Kg
T3	315	1.32	0.30	1.08	2.00	0.93	0.76	16	3/4"	96.552Kg
T4	100	2.90						8	3/4"	51.852Kg
W1	100	3.41						16	3/4"	121.942Kg
W1a	100	3.16						2	3/4"	14.125Kg
D6	200	0.23	1.84					52	1/2"	106.994Kg
D6a	300	0.70	0.22	0.20				26	1/2"	28.945Kg
D6b	300	0.70	0.22	0.20				26	1/2"	28.945Kg
S3	300	0.40	0.22	0.40				10	5/8"	15.830Kg
S4	300	0.40	0.22	0.40				10	5/8"	15.830Kg
								456	Total	1854.285Kg

Fuente: Tecnología y Soluciones Constructivas SAC

Tabla 7

Rendimiento y cantidad de mano de obra por día proyectado por Aceros Arequipa.

Peso Parcial	N° box por días	Peso total	Rendimiento (kg/hora)	Horas diarias	Rendimiento (kg/día)	#Operarios
1854.285	2	3708.570	77.26	8	618	6

Tabla 8

Rendimiento y cantidad de mano de obra por día proyectado por Parihuaman Ingeniería y Construcción.

Peso Parcial	N° box por días	Peso total	Rendimiento (kg/hora)	Horas diarias	Rendimiento (kg/día)	#Operarios
1854.285	2	3708.570	46.36	8	371	10

Tabla 9

Rendimiento y cantidad de mano de obra por día real.

Fechas de trabajo	Peso Parcial	N° box por días	Peso total	Rend. (kg/hora)	Horas diarias	Rend. (kg/día)	# Op.
02 al 05-feb	1854.285	1	1854.285	38.63	8	309	6
07 al 12-feb	1854.285	1	1854.285	22.07	10.5	232	8
14 al 19-feb	1854.285	1	1854.285	22.07	10.5	232	8
21 al 26-feb	1854.285	2	3708.570	35.32	10.5	371	10
28 al 05-mar	1854.285	3	5562.855	29.43	10.5	309	18

Figura 19

Pieza mal dimensionada



PIEZA	FORMA	a	b	c	d	e	f	CANT. X ELEM.	DIAM	TOTAL
T1	300	2.06M	4.16M	2.06M				8	3/4"	148.046Kg

Figura 20

Prearmado soldado con fallas (Acero con separación entre barras y barras desfasadas)



F. Indicadores

Con el fin de continuar con el diagnóstico de la situación actual la productividad de la mano de obra de fierreteria, se decidió evaluar algunos indicadores que pudieran evidenciar cómo se encontraba la gestión.

- **Variación del costo de mano de obra vs el presupuesto.**

Con este indicador se pudo saber el porcentaje que se sobregiró el presupuesto de la mano de obra. La fórmula es:

$$\text{Variación del costo (\%)}: \frac{(\text{Costo real de mano de obra} - \text{Presupuesto})}{\text{Presupuesto de mano de obra}} \times 100\%$$

Ecuación 1. Variación del Costo

El resultado de este indicador muestra que a partir de la segunda semana se tiene un sobre costo de lo presupuestado.

Tabla 10
Variación de costo Real vs Presupuestado

Fechas de trabajo	Costo real de mano de obra	Presupuesto	Variación (S/)	Variación %
02 al 05-feb	5999.04	7,000.00	-1,000.96	-14.30%
07 al 12-feb	10498.32	9,000.00	1,498.32	16.65%
14 al 19-feb	10498.32	9,000.00	1,498.32	16.65%
21 al 26-feb	13122.90	11,000.00	2,122.90	19.30%
28 al 05-mar	23621.22	20,000.00	3,621.22	18.11%
Total	63,739.80	56,000.00	7,739.80	13.82%

 ○ **Cumplimiento de avance**

Este indicador mide el avance de las actividades respecto a lo programado. La fórmula es:

$$\text{Cumplimiento del avance (\%)} = \frac{\text{Avance real x semana}}{\text{Programacion x semana}} \times 100\%$$

Ecuación 2. Cumplimiento del avance

El resultado del indicador muestra que en las 3 primeras semanas debido a la falta de mano de obra y los inconvenientes de la falta de calidad del producto final por parte de Aceros Arequipa se tuvo problemas con el cumplimiento de la programación por parte del cliente. Según lo planificado se tenía proyectado cumplir un 90% de cumplimiento.

Tabla 11
Cumplimiento de avance

Fechas de trabajo	Avance real x semana	Programación x semana	% Cumplimiento
02 al 05-feb	6	10	60%
07 al 12-feb	6	10	60%
14 al 19-feb	6	10	60%
21 al 26-feb	12	10	120%
28 al 05-mar	18	10	180%
	Promedio		83%

En la tabla 8 se muestra el resumen de los resultados de los 2 indicadores evaluados para poder determinar el problema que aqueja a la productividad de la mano de obra de fierreteria.

Tabla 12

Resumen de los indicadores

Indicador	Objetivo	Resultado
Variación del costo (%):	Medir la variación del exceso o sobregiro del presupuesto asignado	13.82%
Cumplimiento del avance (%)	Medir la cantidad de actividades realizadas vs la cantidad de actividades programadas	83%

Con los datos recogidos, se pudo determinar que el problema es que existe una variación considerable entre el presupuesto y el costo real. Esto se debe en principio al bajo cumplimiento del avance de lo programado y al alto índice de problemas que se ha tenido con respecto al acero dimensionado que llegó a obra.

b. Del objetivo específico 2

Debido al bajo rendimiento del personal para la producción de los Box se decidió Implementar la metodología Virtual Design and Construction enfocado en sus componentes ICE, BIM y PPM para aumentar la comunicación, aumentar el rendimiento del trabajo, hacer una planificación temprana y cumplir lo programado.

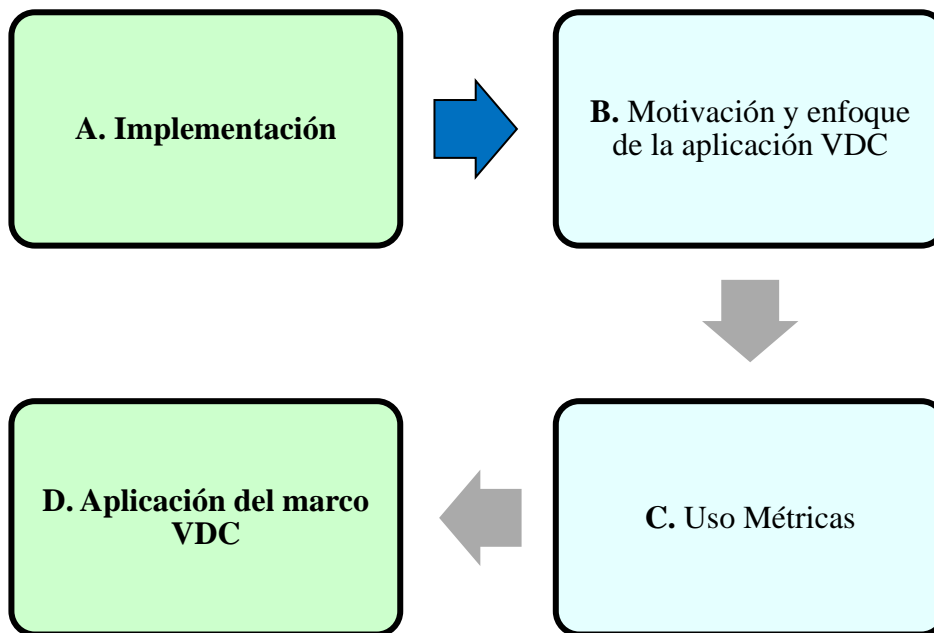
Tabla 13

Estrategia de desarrollo para la implementación

FASE	OBJETIVOS	HERRAMIENTAS/MODELOS
Implementación	Descripción de la implementación de la metodología Virtual Design and Construction en la mejora de la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo para el Proyecto Box Chinchero, Lima 2022.	<p>A. Aplicación de la Metodología VDC</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reunión interna de comunicación para la aplicación <p>B. Motivación y enfoque de la aplicación VDC</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Objetivo del cliente ▪ Grandes brechas entre el desempeño actual y el desempeño necesario para cumplir el objetivo <p>C. Uso Métricas</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Principales métricas utilizadas <p>D. Aplicación del marco VDC</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sesiones ICE ▪ BIM ▪ PPM

Figura 21

Secuencia de la estrategia para la implementación de la metodología VDC





A. Implementación

Tabla 14

Cronograma de Aplicación

N°	Descripción de trabajos	Fecha de implementación	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	
			21-feb	22-feb	23-feb	24-feb	25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	01-mar	02-mar	03-mar	04-mar	05-mar	06-mar	
1	Reunión interna de comunicación para la aplicación	24-feb															
2	Detalle de la motivación y enfoque de la aplicación VDC	24-feb															
3	Uso de métricas	24-feb															
4	Aplicación del Marco VDC	24-feb al 05-mar															
5	Resultado	05-mar															
6	Proceso sugerido	05-mar															

- ❖ Días que se ejecutaron los trabajos 
- ❖ Días no laborables 

Nota. En la tabla se muestra las fechas que se aplicó la metodología Virtual Desing and Construction para lograr la mejora en la productividad de la mano de obra de acero de refuerzo. Fuente: Elaboración propia

- **Reunión Interna de comunicación para la aplicación.**

Se realizó una reunión para poder conversar con el área de ingeniería de la Empresa Tecnología y Soluciones Constructivas SAC para hacer de su conocimiento la estrategia que se tomarían para poder mejorar la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo. Se buscó también el apoyo del capataz para hacer entender la importancia de la aplicación de esta metodología al personal de herrería de la Empresa Parihuaman Ingeniería y Construcción. Se realizó esta reunión para poder comunicar la intención de aplicar el marco de trabajo VDC que busca gestionar el proyecto de forma integrada, alineando objetivos del proyecto con objetivos del cliente.

B. Motivación y enfoque de la aplicación VDC

- **Objetivo del cliente**

El objetivo principal del cliente es que se cumpla la instalación y montaje del acero del refuerzo al 100% de la estructura.

- **Grandes brechas entre el desempeño actual y el desempeño necesario para cumplir el objetivo**

Descoordinación entre las áreas, reprocesos y programación fuera de fechas.

C. Uso de Métricas

- **Principales métricas utilizadas**

- # Propuestas validadas / # propuestas totales (objetivo: 90%)
- # Rfi's resueltos / # Rfi's Totales (objetivo: 90%)
- # personal en campo/ #Personal proyectado (objetivo: 90%)
- Peso Prearmado /Peso Acedim (objetivo: 10%)

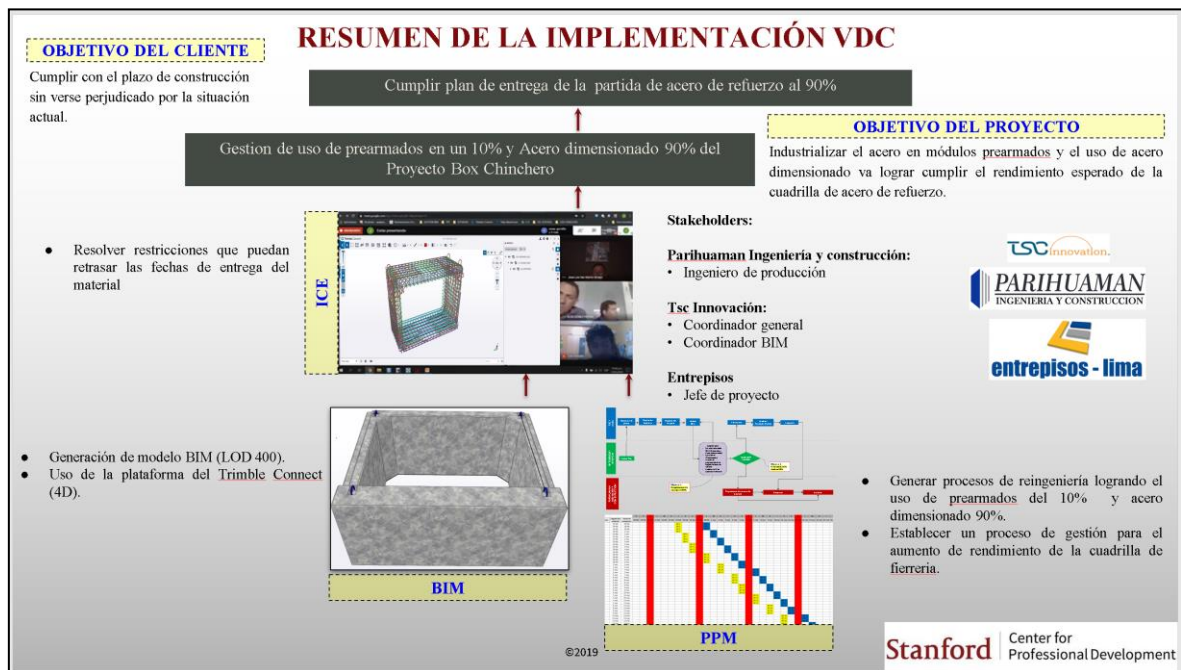
Con las métricas se pudo lograr medir el rendimiento del proyecto y evaluar los resultados y permitir hacer correcciones orientado hacia mejores procesos.

D. Aplicación del marco VDC

Cada elemento del VDC fue importante para lograr el objetivo final (Fig. 26). Con el PPM se estableció un proceso importante para el objetivo principal del proyecto que fue el aumento del rendimiento de la mano de obra. Con el BIM se pudo lograr que los stakeholders visualicen y entiendan de mejor manera el modelo BIM con las propuestas del uso de prearmados para agilizar la instalación, además de los elementos que iban a llegar en acero dimensionado haciendo una reingeniería de los planos que se encontraban en el expediente técnico el cual se mostraba en cada sesión ICE que se tuvo de manera periódica.

Figura 22

VDC Framework



Fuente: Framework adaptado del curso de certificación VDC 2020 (Stanford-U. de lima)

Figura 23

Descripción detallada de la aplicación VDC

Objetivo de la aplicación del VDC			
Gestión de uso de prearmados en un 10% y acero dimensionado 90% del proyecto Box Chincheró			
ICE	Objetivo	Métrica	Meta
Métricas de Producción	Reducir la latencia y garantizar la entrega..... I-1	# Temas abordados / # Temas totales	90%
	Asistencia de invitados..... I-2	% de asistencia de Participantes / % Stakeholders totales	90%
Factores Controlables	Sesiones ICE semanal..... I-3	Frecuencia de la sesión	Semanal
BIM			
BIM	Objetivo	Métrica	Meta
Métricas de Producción	Visualización de Interferencias..... B-1	# de Interferencias visualizadas en el modelo	100%
Factores Controlables	Visualizador del modelo BIM..... B-2	% del uso de Plataforma Trimble Connect	100%
PPM			
PPM	Objetivo	Métrica	Meta
Métricas de Producción	Aumento de rendimiento del personal de acero en campo..... P-1	# peso prearmado+Acero dimensionado / # de personas*horas laboradas	>=371 Kg/día
	Uso de prearmado y acero dimensionado..... P-2	Peso Prearmado / Peso total	10%
Factores Controlables	Seguimiento del rendimiento del personal de acero... P-3	Uso de PAC Y PPC	Diario

Nota. Uso de métricas para cumplir los objetivos de cada componentes del marco VDC.

Fuente: adaptado del curso de certificación VDC 2020 (Stanford-U. de lima)

Tabla 15
Métricas usadas a través del tiempo

Código	Métrica	Tipo métrica	Meta	R0 %	R1 %	R2 %	R3 %	R4 %	Promedio %
I-1	# Temas abordados / # Temas totales	MP	90%	100	100	100	100	100	100
I-2	% de asistencia de Participantes / % Stakeholders totales	MP	90%	100	90	90	90	90	92
I-3	Frecuencia de la sesión	FC	100%	100	100	100	100	100	100
B-1	# de Interferencias visualizadas en el modelo	MP	100%	100	100	100	100	100	100
B-2	% del uso de Plataforma Trimble Connect	FC	100%	0	100	100	100	100	80
P-1	# peso prearmado+Acero dimensionado / # de personas*horas laboradas	MP	≥ 371 Kg/día	0	100	100	100	100	80
P-2	Peso Prearmado / Peso total	MP	≥ 10 %	0	100	100	100	100	80
P-2	Peso Acero dimensionado / Peso total	MP	≤ 90 %	100	100	100	100	100	100
P-3	Uso de PAC Y PPC	FC	100%	100	100	100	100	100	100

MP= Métricas de producción

I= ICE
B= BIM
P= PPM

FC= Factores de controlables

Nota: Medir las métricas a través de reportes es un aspecto importante de la aplicación ya que permite saber el funcionamiento de la implementación. Fuente: adaptado del curso de certificación VDC 2020 (Stanford-U. de lima)

○ **Sesiones ICE**

En las sesiones ICE semanales que se han tenido con los stakeholders se logró grandes resultados para el compromiso de entrega del material por parte del área de Ingeniería de Aceros Arequipa (TSC Innovation) con una programación más detallada por parte de la Empresa Entrepisos y con el compromiso de la Empresa Aceros Arequipa para verificar la calidad del material tanto en la fabricación del acero dimensionado como en el soldado de los prearmados, de esta manera se pudo disminuir el tiempo de latencia en coordinaciones entre los diferentes Stakeholders ya que la mayoría fue respondida durante la sesión.

Tabla 16

Matriz de comunicaciones

N°	Nombres y apellidos	Rol	E-mail
TSC Innovation			
1	Alejandro Palpan Flores	Supervisor BIM	apalpan@tscinnovation.com
2	Ángel Paredes Portales	Responsable del proyecto BIM	aparedes@tscinnovation.com
Corporación Aceros Arequipa			
1	Guillermo Diaz Aliaga	Jefe de Instalado	gdiaza@aasa.com.pe
Parihuaman Ingeniería y Construcción			
1	Roberto Cancino Dueñas	Ingeniero de Producción	Roberto.cancino93@gmail.com
2	Daniel Izaguirre Carrión	Capataz	dizaguirrecarrion@gmail.com
Entrepisos Lima			
1	Vladimir Rojas	Ingeniero de Campo	vrojas@entrepisoslima.com.pe
2	Renzo avalos	Ingeniero de Producción	ravalos@entrepisoslima.com.pe

Nota. En la matriz de comunicaciones se muestra los Stakeholders del proyecto que jugaron un rol importantísimo dentro del proceso de gestión de toda la información.

Manteniendo a todos los involucrados en la misma línea, evitando desviaciones y rupturas durante el ciclo de vida del proyecto.

Tabla 17
Sesión ICE N°1-Inicio de la aplicación del VDC

N°	Participantes	Empresa	Rol	Asistencia
1	Alejandro Palpan Flores	TSC Innovation	Supervisor BIM	Ok
2	Ángel Paredes Portales	TSC Innovation	Responsable del proyecto BIM	Ok
3	Guillermo Diaz Aliaga	AASA	Jefe de Instalado	Ok
4	Roberto Cancino Dueñas	Parihuaman	Ingeniero de Producción	Ok
5	Daniel Izaguirre Carrión	Parihuaman	Capataz	Ok
6	Vladimir Rojas	Entrepisos Lima	Ingeniero de Campo	Ok
7	Renzo avalos	Entrepisos Lima	Ingeniero de Producción	Ok

Agenda				
N°	Actividad	Participante	Tiempo planificado	Tiempo real
1	Información de la aplicación VDC	Roberto Cancino Dueñas	15min	10min
2	Programación de llegada de las estructuras BP-49 al BP-56	Roberto Cancino Dueñas	10min	10min
3	Programación de llegada de las estructuras BP-57 al BP-64	Roberto Cancino Dueñas	10min	10min
4	Revisión de modelo BIM y propuesta de mejora	Ángel Paredes Portales	5min	5min
5	Presentación de observaciones en campo y su levantamiento	Daniel Izaguirre Carrión	5min	5min
Total			45min	40min

Minuta de reunión / Compromiso				
N°	Descripción	Participante	Fecha de entrega	Com.
1	Presentar en la siguiente Sesión ICE la programación de los próximos despachos	Renzo Avalos	01-mar	
2	Estatus de la fabricación del acero de refuerzo (Acero dimensionado + Prearmado)	Ángel Paredes Portales	25-feb	
3	Fabricar las estructuras BP-49 al BP-56	Ángel Paredes Portales	25-feb	
4	Fabricar las estructuras BP-57 al BP-64	Ángel Paredes Portales	28-feb	

Nota. En la figura se muestra la primera sesión ICE (Ingeniería Concurrente Integrada)

donde se inició el uso de la aplicación de la metodología Virtual Design and Construction,

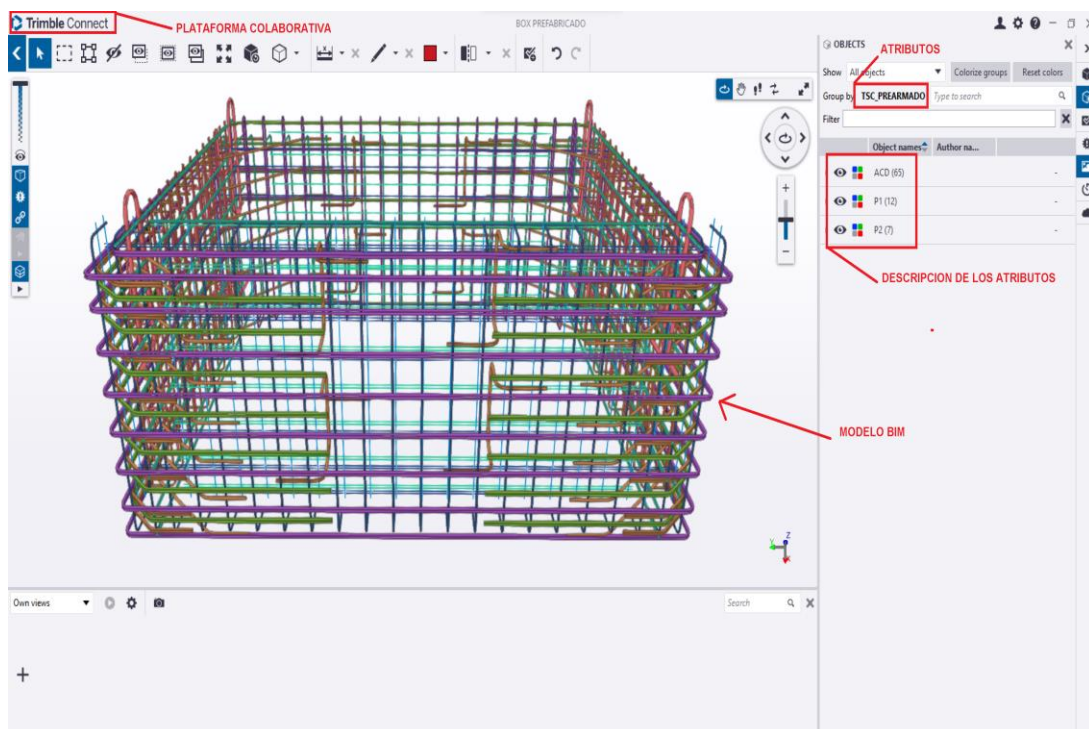
para la aplicación de la metodología fue necesario la participación de todo los Stakeholders al menos en esta primera Sesión debido que se iba a ver la programación de las futuras estructuras, revisión del modelo BIM, etc., al finalizar la reunión quedó una minuta de la reunión y el compromiso de los Stakeholders con respecto a la aprobación de la fabricación de las futuras estructuras y la fecha de llegada.

- **BIM**

La visualización del modelo BIM se hizo 100% mediante la plataforma Trimble Connect en cada sesión ICE en el cual se podía revisar a detalle y proponer alguna mejora.

Figura 24

Trimble Connect – Plataforma colaborativa



- **PPM**

El tener un flujo más claro se pudo optimizar el proceso final para llegar al objetivo de tener el material en campo anticipadamente y además de tener tiempo en caso de algún

problema que se pueda generar en algún punto de la cadena para poder resolverlo para cumplir con la programación.

Se uso la metodología Last Planner System como ayuda para la programación de los recursos que se iba a usar para la instalación del acero de refuerzo

✓ **Planeación Inicial – Plan de Fases (Pull Session)**

El equipo de trabajo para la planeación inicial estuvo a cargo del Capataz y el jefe de producción. Esta primera reunión se hizo el 23 de febrero al finalizar la jornada laboral y comprendió dos temas, uno era la capacitación y el segundo punto era el Pull Session. Ya en la reunión se le hizo la capacitación, donde se indicó que se estaría aplicando el Last Planner System en este proyecto como una nueva metodología para mejorar las entregas de la obra y consistía en lo siguiente:

- Se pidió que se coloque las tareas en una pizarra, pero de atrás hacia adelante, esto lo hicieron mediante Post it que contenían nombre de la tarea, duración y actividades que se requerían para cumplir con la tarea.
- En el proceso se revisó la ruta crítica.

En la primera Sesión ICE se informó a los Stakeholders los cambios y mejoras que iba a aplicar y consistía en las siguientes etapas:

1. Para cumplir con la instalación de la armadura se debia considera tener como mínimo una planificación entre 10 a 12 días el cual se va ver en cada Sesión ICE.
2. Para el requerimiento de mano de obra se considera entre 1 a 2 días para planificar al día siguiente de la Sesión Ice ya que se va tener más claro la cantidad de Box que se van a ejecutar.
3. El suministro de acero de refuerzo (Acero dimensionado + Prearmados) se considera tener entre 1 a 2 días antes de la fecha programada de instalación de la armadura del

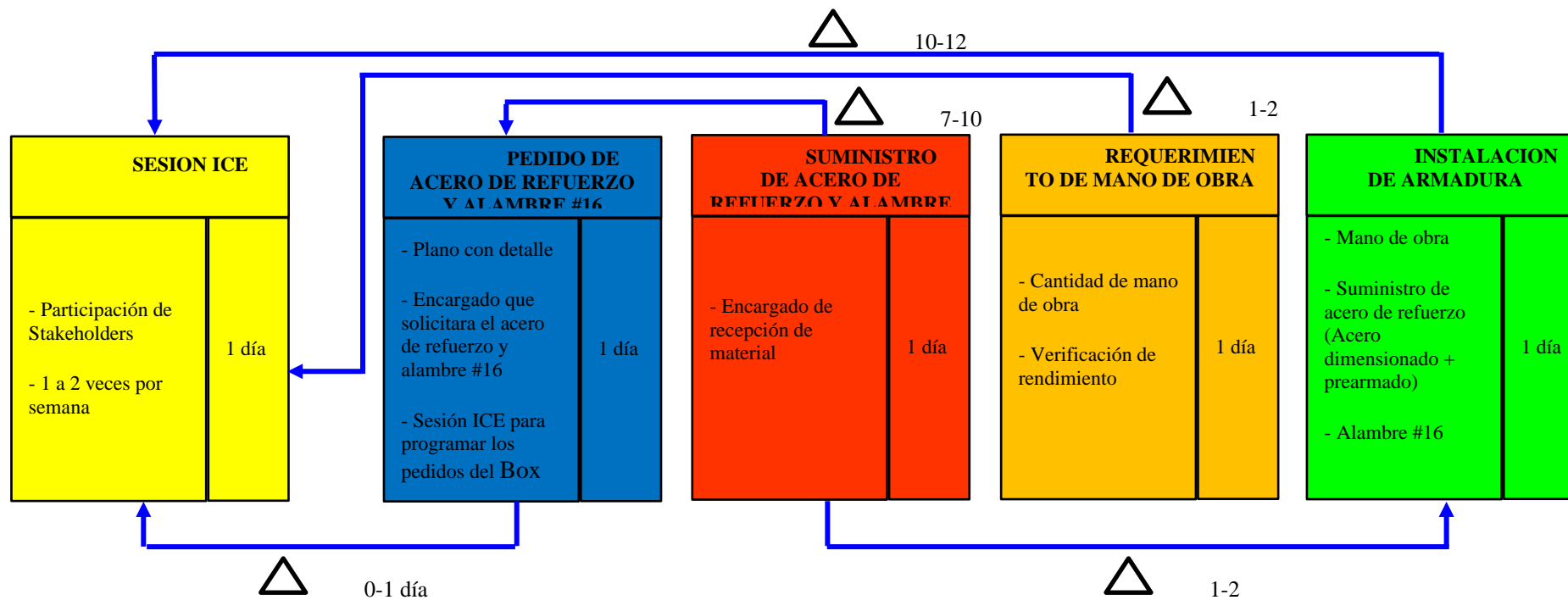
Box, de esta manera se va tener tiempo de revisar el acero que llega a campo y si ha llegado completo y sin fallas.

4. El pedido del acero de refuerzo (Acero dimensionado + Prearmados) se hace inmediatamente al acabar la Sesión ICE y se considera entre 7 a 10 días de fabricación y entrega de material a campo.
5. La sesión ICE fue la parte más importante del proceso debido que se planificó la cantidad de Box que se iba a enviar a fabricar, las fechas de llegada del material, fecha que se debía instalar.

Estos cambios se propuso el equipo de obra el 24 de febrero en la primera Sesión ICE que se tuvo con ellos. De este resultado tenemos el Programa de Fases que se muestran a continuación.

Figura 25

Esquema de Pull Session para la Instalación de Armadura del Box Chinchero



Nota. En la figura se muestra la herramienta Pull Session parte de Last Planner System, método de planificación partiendo del final hacia el inicio, con ello se logra identificar las restricciones que se tendrían para cumplir cada tarea y el objetivo final. **Fuente:** Elaboración propia

✓ **Planeación Intermedia (Lookahead Planning)**

En la Sesión ICE que se tuvo el 24 de febrero se hizo la planificación intermedia.

El proceso de planificación intermedia (Lookahead Planning) busca conseguir un horizonte de planificación mayor a una semana con el objetivo de prever los problemas que se pueden presentar al momento de tratar de ejecutar una actividad en su fecha programada.

El intervalo de tiempo establecido para analizar las actividades fue de 4 semanas.

Como resultado de la planeación intermedia se toma en cuenta, el personal, la secuencia de trabajos para subdividir actividades, y otros.

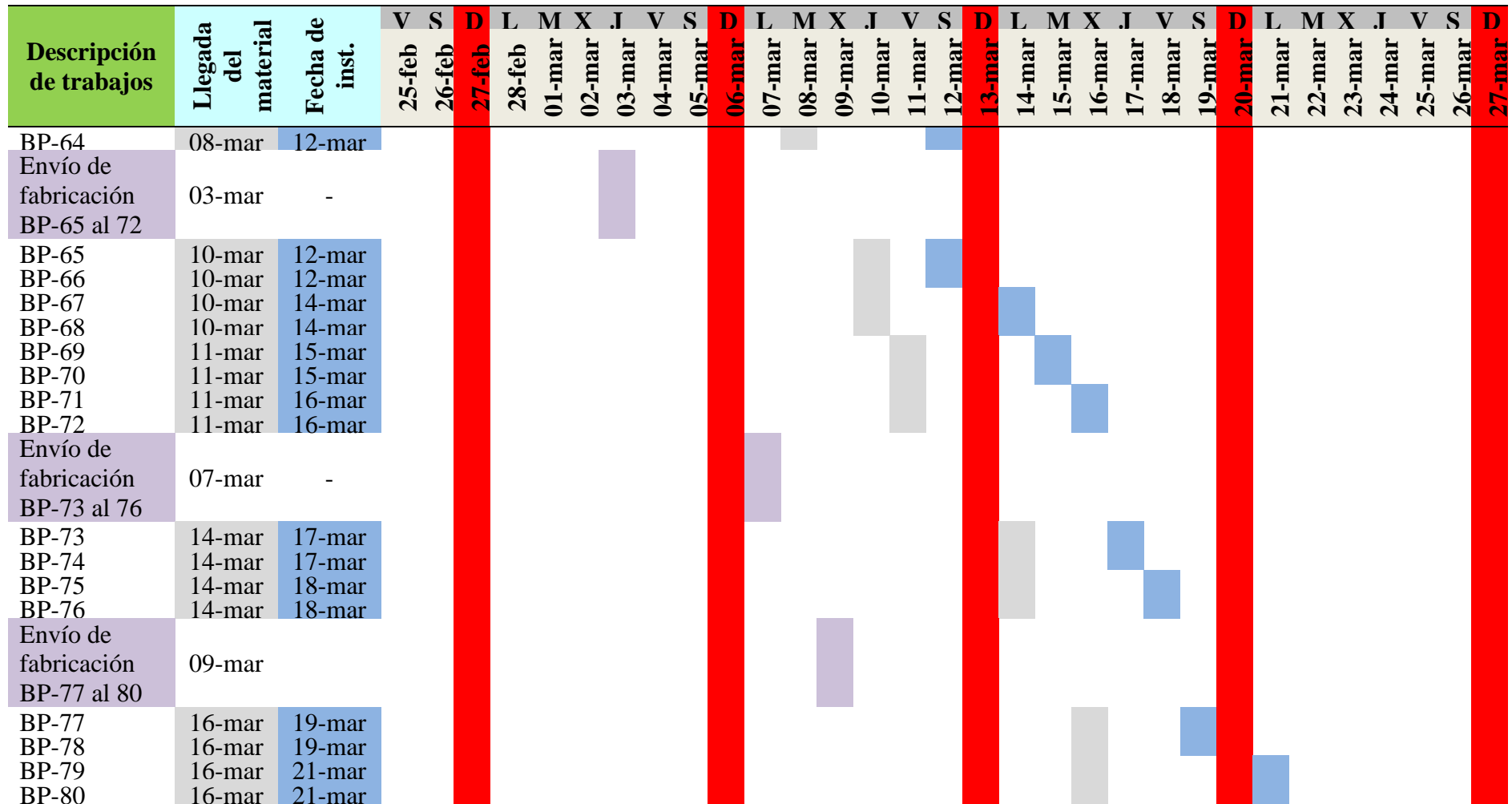
- Primero se planifican las 4 primeras semanas del período de Look Ahead, en donde tenemos que tener claro cada asignación a ejecutar, para que de esta manera podamos verificar si se cumplió o no la actividad al 100%.
- En las siguientes reuniones semanales, se podrán analizar los resultados de la semana anterior, y obtendremos así el PPC y la Causas de No Cumplimiento.
- Para la implementación del Last Planner System es necesario que se identifique a un coordinador y al último planificador o Last Planner, ya que cada uno de ellos tiene funciones, que son:
 - **Coordinador (Ingeniero de producción)**
 - Llevar el cronograma Look Ahead.
 - Hacer el seguimiento de los objetivos logrados y los propuestos inicialmente en el proyecto.
 - **Last Planner (Capataz)**
 - Llevar a la reunión semanal el PPC y las causas de no cumplimiento.

- Preparar una lista tentativa de que actividades deberían realizarse la siguiente semana.
- Como resultado de estas reuniones del equipo de trabajo se tuvieron los planes intermedios (Look Ahead Planning) que se muestran en las siguiente
Figura

Tabla 18

Planeación intermedia de las próximas 4 semanas.

Descripción de trabajos	Llegada del material	Fecha de inst.	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D		
			25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	01-mar	02-mar	03-mar	04-mar	05-mar	06-mar	07-mar	08-mar	09-mar	10-mar	11-mar	12-mar	13-mar	14-mar	15-mar	16-mar	17-mar	18-mar	19-mar	20-mar	21-mar	22-mar	23-mar	24-mar	25-mar	26-mar	27-mar		
Envío de fabricación BP-49 al 56	25-feb	-																																	
BP-49	04-mar	07-mar																																	
BP-50	04-mar	07-mar																																	
BP-51	04-mar	07-mar																																	
BP-52	04-mar	08-mar																																	
BP-53	05-mar	08-mar																																	
BP-54	05-mar	08-mar																																	
BP-55	05-mar	09-mar																																	
BP-56	05-mar	09-mar																																	
Envío de fabricación BP-57 al 64	28-feb	-																																	
BP-57	07-mar	09-mar																																	
BP-58	07-mar	10-mar																																	
BP-59	07-mar	10-mar																																	
BP-60	07-mar	10-mar																																	
BP-61	08-mar	11-mar																																	
BP-62	08-mar	11-mar																																	
BP-63	08-mar	11-mar																																	



Descripción de trabajos	Llegada del material	Fecha de instalación	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D					
			25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	01-mar	02-mar	03-mar	04-mar	05-mar	06-mar	07-mar	08-mar	09-mar	10-mar	11-mar	12-mar	13-mar	14-mar	15-mar	16-mar	17-mar	18-mar	19-mar	20-mar	21-mar	22-mar	23-mar	24-mar	25-mar
Envío de fabricación BP-81 al 88	11-mar	-																													
BP-81	18-mar	22-mar																													
BP-82	18-mar	22-mar																													
BP-83	18-mar	23-mar																													
BP-84	18-mar	23-mar																													
BP-85	21-mar	24-mar																													
BP-86	21-mar	24-mar																													
BP-87	21-mar	25-mar																													
BP-88	21-mar	25-mar																													
Envío de fabricación BP-89 y 90	16-mar	-																													
BP-89	23-mar	26-mar																													
BP-90	23-mar	26-mar																													

Nota. En la tabla se tiene el lookahead (Planificación de 3 a 4 semanas), en la primera Sesión ICE se logró obtener una programación que se iba a usar durante las 4 semanas las cuales se revisaba en cada Sesión ICE que se tuvo periódicamente.

✓ Análisis de restricciones

Con la información obtenida en el análisis inicial, se realiza el análisis de restricciones de las tareas que no nos permitirían llevar a cabo el proceso programado.

Tabla 19

Análisis de restricciones

N°	Descripción	Fecha de ingreso de req	Fecha de respuesta	Responsable	Propuesta	Estatus	Comentario
1	Acero de refuerzo mal dimensionado	24-feb	24-feb	Guillermo Diaz A.	Se revisó la calidad de producción en todo el proceso	En proceso	Se considero stock de barras de 9m de diferentes diámetros en caso de emergencia.
2	Prearmado con soldadura observadas	24-feb	24-feb	Guillermo Diaz A.	Se va revisar la calidad de producción en todo el proceso	En proceso	Se considero tener un soldador para levantar observaciones
3	Uso de acero de refuerzo para rigidizar la estructura	24-feb	24-feb	Angel Paredes P.	En el diseño se va añadir barras de Ø1/2” que iba a ir en las 4 caras	En proceso	
4	Programacion de llegada de material de obra	24-feb	24-feb	Angel Paredes P.	Se envió a producción después de cada Sesión ICE	En proceso	

Nota. El compromiso y participación de los Stakeholders fue necesario para levantar las restricciones en la primera Sesión ICE ya que era un hito importante dentro de la aplicación VDC. Fuente: Elaboración propia

✓ **Planeación a corto plazo**

El equipo de trabajo se reunió el jueves 24 de febrero, para poder hacer la programación semanal, en la primera Sesión ICE se acordó que serían todos los martes.

Se trabajó de la siguiente forma:

1. Basados en el plan intermedio (Look Ahead Planning) para la primera semana y con los análisis de restricciones que se revisó en la primera sesión ICE los cuales fueron liberadas, con el compromiso de los Stakeholders presentes se pudo tener una planificación fiable.
2. Se procedió a programar la semana, esto se ve en el Plan Semanal.
3. Semanalmente se evalúan los procesos liberados en cada sesión ICE, se forma la reserva de trabajo ejecutable y con esto se hace la programación semanal.

En cada Sesión ICE también se revisarán el PPC. A continuación, se muestran la tabla de las reservas de Trabajo Ejecutables y la tabla del Plan Semanal.

Tabla 20

Liberación de armadura de los Box

Nº	Descripción	Fecha planeada	Fecha de liberación	Responsable
1	Instalar la armadura del Box BP-49	07-mar	07-mar	Entrepisos
2	Instalar la armadura del Box BP-50	07-mar	07-mar	Entrepisos
3	Instalar la armadura del Box BP-51	07-mar	07-mar	Entrepisos
4	Instalar la armadura del Box BP-52	08-mar	08-mar	Entrepisos
5	Instalar la armadura del Box BP-53	08-mar	08-mar	Entrepisos
6	Instalar la armadura del Box BP-54	08-mar	08-mar	Entrepisos
7	Instalar la armadura del Box BP-55	09-mar	09-mar	Entrepisos

N°	Descripción	Fecha planeada	Fecha de liberación	Responsable
8	Instalar la armadura del Box BP-56	09-mar	09-mar	Entrepisos
9	Instalar la armadura del Box BP-57	09-mar	09-mar	Entrepisos
10	Instalar la armadura del Box BP-58	10-mar	10-mar	Entrepisos
11	Instalar la armadura del Box BP-59	10-mar	10-mar	Entrepisos
12	Instalar la armadura del Box BP-60	10-mar	10-mar	Entrepisos
13	Instalar la armadura del Box BP-61	11-mar	11-mar	Entrepisos
14	Instalar la armadura del Box BP-62	11-mar	11-mar	Entrepisos
15	Instalar la armadura del Box BP-63	11-mar	11-mar	Entrepisos
16	Instalar la armadura del Box BP-64	12-mar	12-mar	Entrepisos
17	Instalar la armadura del Box BP-65	12-mar	12-mar	Entrepisos
18	Instalar la armadura del Box BP-66	12-mar	12-mar	Entrepisos

Nota. En la tabla 16 se tiene el formato que se uso como seguimiento de las estructuras que fueron liberadas por parte de la empresa Entrepisos. Fuente: Elaboracion propia

Tabla 21

Planeación Semanal

Descripción de la actividad	L	M	X	J	V	S	D	Total	Si	No	Why 5?	Causa de incumplimiento	Medida correctiva
	07-mar	08-mar	09-mar	10-mar	11-mar	12-mar	13-mar						
Uso de métricas	X	X	X	X	X	X		6	6	0			
Aplicación del marco de VDC	X	X	X	X	X	X		6	6	0			
Sesiones ICE		X						1	1	0			
BIM		X						1	1	0			
PPM		X						1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-49	X							1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-50	X							1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-51	X							1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-52		X						1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-53		X						1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-54		X						1	1	0			

Descripción actividad	L	M	X	J	V	S	D	Total	Si	No	Why 5?	Causa de incumplimiento	Medida correctiva
	07-mar	08-mar	09-mar	10-mar	11-mar	12-mar	13-mar						
Instalar la armadura del Box BP-55			X					1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-56			X					1	1	0			
Llegada del material de la armadura del Box BP-57	X							1	1	0			
Llegada del material de la armadura del Box BP-58	X							1	1	0			
Llegada del material de la armadura del Box BP-59	X							1	1	0			
Llegada del material de la armadura del Box BP-60	X							1	1	0			
Llegada del material de la armadura del Box BP-61		X						1	1	0			
Llegada del material de la armadura del Box BP-62		X						1	1	0			

Descripción actividad	L	M	X	J	V	S	D	Total	Si	No	Why 5?	Causa de incumplimiento	Medida correctiva
	07-mar	08-mar	09-mar	10-mar	11-mar	12-mar	13-mar						
Llegada del material de la armadura del Box BP-64		X						1	1	0			
Llegada del material de la armadura del Box BP-63		X						1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-57			X					1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-58				X				1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-59				X				1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-60				X				1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-61					X			1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-62					X			1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-63					X			1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-64						X		1	1	0			

Descripción actividad	L	M	X	J	V	S	D	Total	Si	No	Why 5?	Causa de incumplimiento	Medida correctiva
	07-mar	08-mar	09-mar	10-mar	11-mar	12-mar	13-mar						
Llegada del material de la armadura del Box BP-65					X			1	1	0			
Llegada del material de la armadura del Box BP-66					X			1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-65						X		1	1	0			
Instalar la armadura del Box BP-66						X		1	1	0			
Llegada del material de la armadura del Box BP-67					X			1	1	0			
Llegada del material de la armadura del Box BP-68					X			1	1	0			
Llegada del material de la armadura del Box BP-69						X		1	1	0			
Llegada del material de la armadura del Box BP-70						X		1	1	0			

Descripción actividad	L	M	X	J	V	S	D	Total	Si	No	Why 5?	Causa de incumplimiento	Medida correctiva
	07-mar	08-mar	09-mar	10-mar	11-mar	12-mar	13-mar						
Llegada del material de la armadura del Box BP-71						X		1	1	0			
Llegada del material de la armadura del Box BP-72						X		1	1	0			
Envío de fabricación de la armadura del Box BP-73 al 76	X							1	1	0			
Envío de fabricación de la armadura del Box BP-77 al 80			X					1	1	0			
Envío de fabricación de la armadura del Box BP-81 al 88					X			1	1	0			

Nota. En la tabla se muestra la planeación semanal que se hizo de manera semanal, en el cual se podía hacer seguimiento de cada tarea y analizar en caso de incumplimiento y buscar soluciones a través de medidas correctivas. Fuente: Elaboración propia

Figura 26

Grafica de cumplimiento semanal



Nota. En la figura se tiene la gráfica de la planeación semanal que se había tenido en el que se muestra el porcentaje del cumplimiento de las tareas planeadas.

✓ **Porcentaje del Programa Cumplido (PPC)**

Los datos semanales del PPC extraídos de los resultados de la planificación semanal se ingresaron a una base de datos y se revisaron los resultados de la implementación del Sistema Last Planner en el proyecto respecto al Porcentaje del Programa Cumplido (PPC), estos son los resultados:

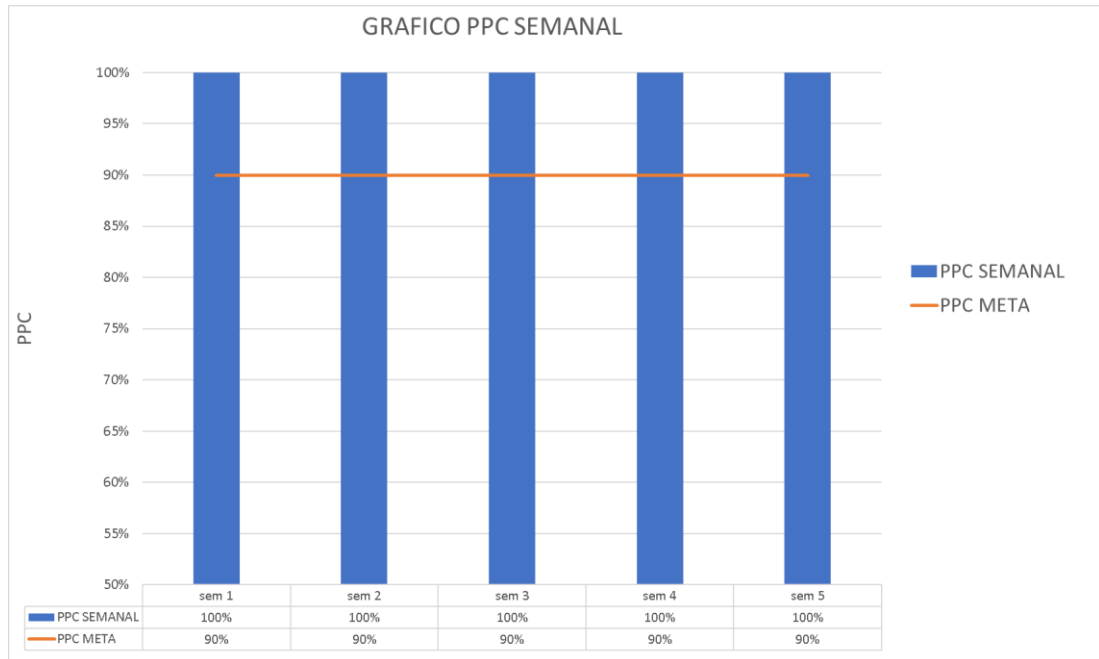
Tabla 22

Porcentaje de plan completado semanal del proyecto (PPC)

SEMANA	TOTAL COMPLETADOS	COMPLETADOS CUMPLIDOS	PPC SEMANAL	PPC META
Semana 1	14	14	100%	90%
Semana 2	27	27	100%	90%
Semana 3	52	52	100%	90%
Semana 4	40	40	100%	90%
Semana 5	33	33	100%	90%

Figura 27

Gráfico de Porcentaje de plan cumplido del proyecto



Nota. En la tabla se tiene el porcentaje de plan completado que se tuvo en las 5 semanas que se hizo el seguimiento de cada actividad obteniendo un 100% y esto se muestra en la gráfica 32 donde se ha superado el 90% de la meta planeada. Los buenos resultados obtenidos fueron debido a las acciones consideradas por el equipo de trabajo el cual permitió disminuir la variabilidad de los procesos y controlándolos mejor diaria y semanalmente. Fuente: Elaboración propia

c. Del objetivo específico 3

Se hizo una evaluación de la aplicación que se hizo para mejorar la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo en el Proyecto Box Chinchero, con lo cual se indica como funciono la conexión de sus componentes (ICE, BIM y PPM), los principales puntos del éxito y finalmente los gráficos mostrando el aumento de rendimiento teniendo menor mano de obra a lo que se tuvo inicialmente.

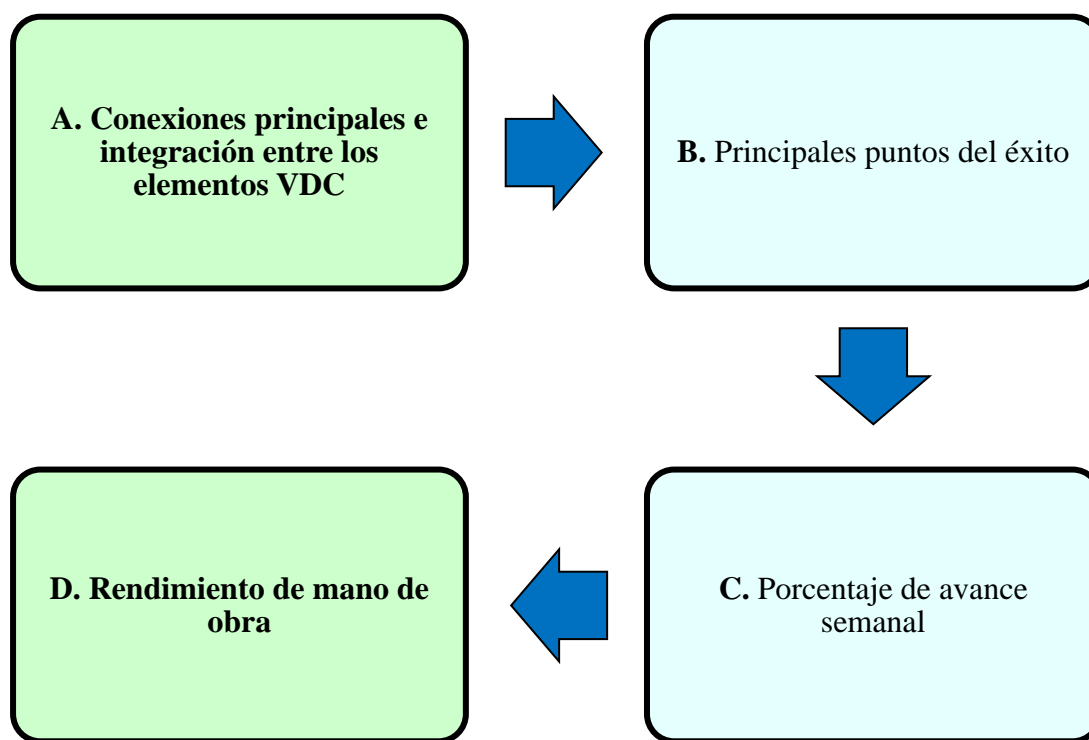
Tabla 23

Estrategia de desarrollo para la evaluación

FASE	OBJETIVOS	HERRAMIENTAS/MODELOS
Evaluación	Determinar la influencia de la aplicación de la metodología Virtual Design and Construction en la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo para el Proyecto Box Chincheru, Lima 2022.	A. Conexiones principales e integración entre los elementos VDC B. Principales puntos del éxito C. Porcentaje de avance semanal D. Rendimiento de mano de obra

Figura 28

Secuencia de la estrategia para determinar la aplicación de la metodología VDC



A. Conexiones principales e integración entre los elementos VDC

Sesiones Ice semanales que ayudaron en el proyecto a agilizar el proceso de aprobación en la programación de la fabricación del acero de refuerzo (Acero dimensionado + Prearmado) siendo la parte más importante de la aplicación y esto se debió gracias a la presencia y compromiso de los diferentes Stakeholders presentes en cada Sesión ICE, apoyo de herramientas BIM por parte del área de ingeniería de Aceros

Arequipa (TSC Innovation) como la plataforma Trimble Connect en donde siempre subían información necesaria del proyecto y se mostraba en cada sesión ICE además de la ayuda del PPM con lo cual se buscó flujos que sean posibles realizar para llegar al objetivo del proyecto y del cliente.

B. Principales puntos del éxito

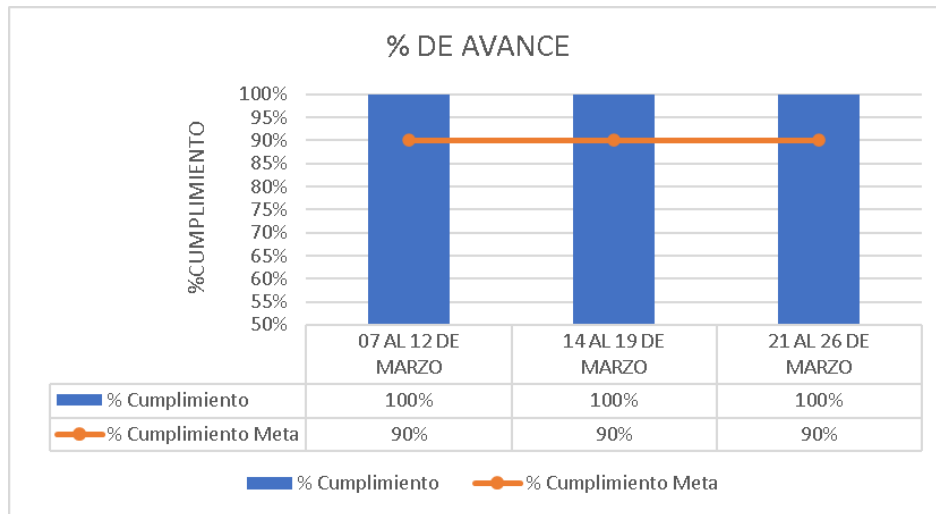
- Para el éxito de la aplicación de la metodología VDC se tuvo el apoyo de los Stakeholders al comprometerse en el cambio.
- Se pudo obtener una programación confiable.
- Las sesiones ICE semanales lograron obtener soluciones a los problemas en menor tiempo.
- Uso de un flujo que se pudo adaptar al proyecto que fue posible realizar y que estaba enfocado al objetivo del proyecto.

C. Porcentaje de avance semanal

Se pudo cumplir el 100% de lo que se había planificado en el Lookahead y la planificación semanal de la instalación de la armadura de los Box.

Figura 29

% de avance semanal de los Box

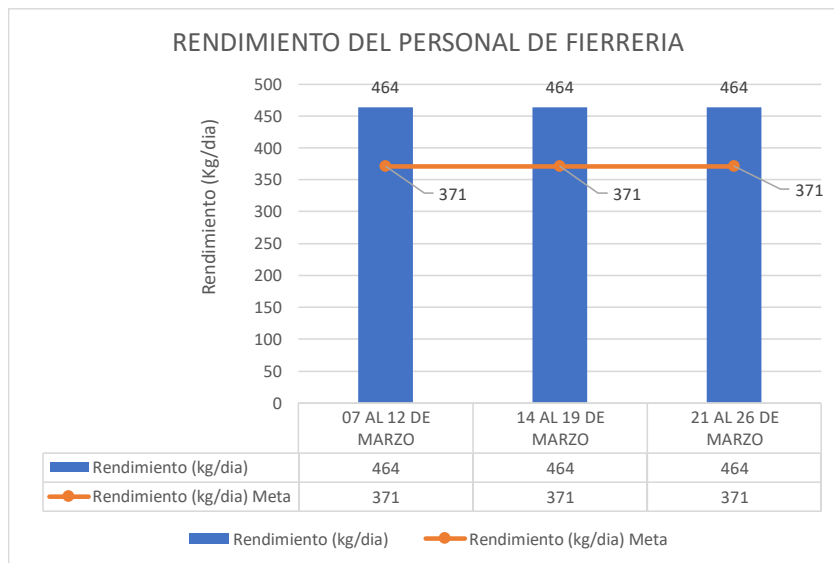


D. Rendimiento de mano de obra

El rendimiento de la mano de obra supero a lo que se tenia proyectado en la meta, este aumento se debe a que se tuvo pocas observaciones con respecto al acero dimensionado y con respecto a la soldadura de los prearmados teniendo de esta manera una mayor producción.

Figura 30

Rendimiento de la mano de obra en ferreria



CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Al Plantear la aplicación de la metodología Virtual Design and Construction en la productividad de la cuadrilla de acero de refuerzo para el proyecto Box Chinchero, Lima 2022, consideramos los siguientes aspectos:

4.1. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA DE ACERO DE REFUERZO

El rendimiento inicial se tuvo problemas debido a la deficiente gestión y problemas externos como la falta de calidad en el acero dimensionado y la soldadura de los prearmados, debido a estos motivos se decidió aplicar la metodología para buscar solución y mejorar el rendimiento de la mano de obra.

Tabla 24

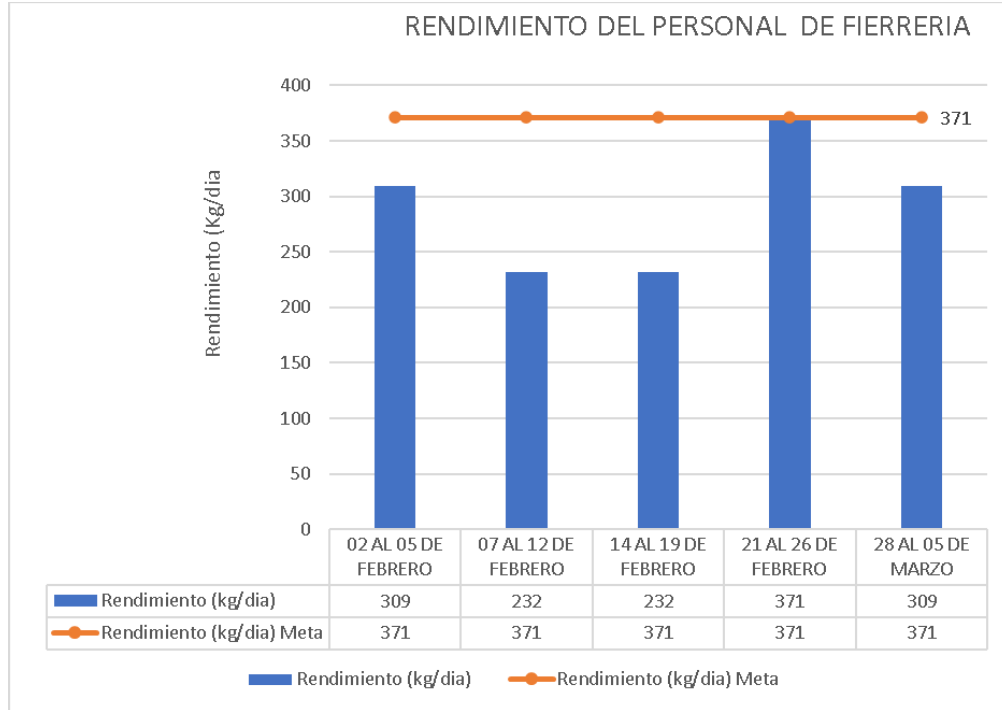
Rendimiento de la mano de obra antes de la aplicación de la metodología VDC

Fecha semanal	Cantidad de mano de obra	Rendimiento (Kg/día)	Rendimiento (Kg/día) Meta
02 al 05 de febrero	6	309	371
07 al 12 de febrero	8	232	371
14 al 19 de febrero	8	232	371
21 al 26 de febrero	10	371	371
28 al 05 de marzo	18	309	371

Fuente: Elaboración propia

Figura 31

Rendimiento de la mano de obra en ferrería por día antes de la aplicación de la metodología VDC



4.2. DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC

Para la implementación se requirió el compromiso de los Stakeholders, por lo que la primera Sesión ICE fue una actividad clave para el inicio de la aplicación de la metodología VDC ya que en ella se pudo explicar cada componente del marco Virtual Design and Construction.

Figura 32

Secuencia de la propuesta para la implementación de la metodología VDC

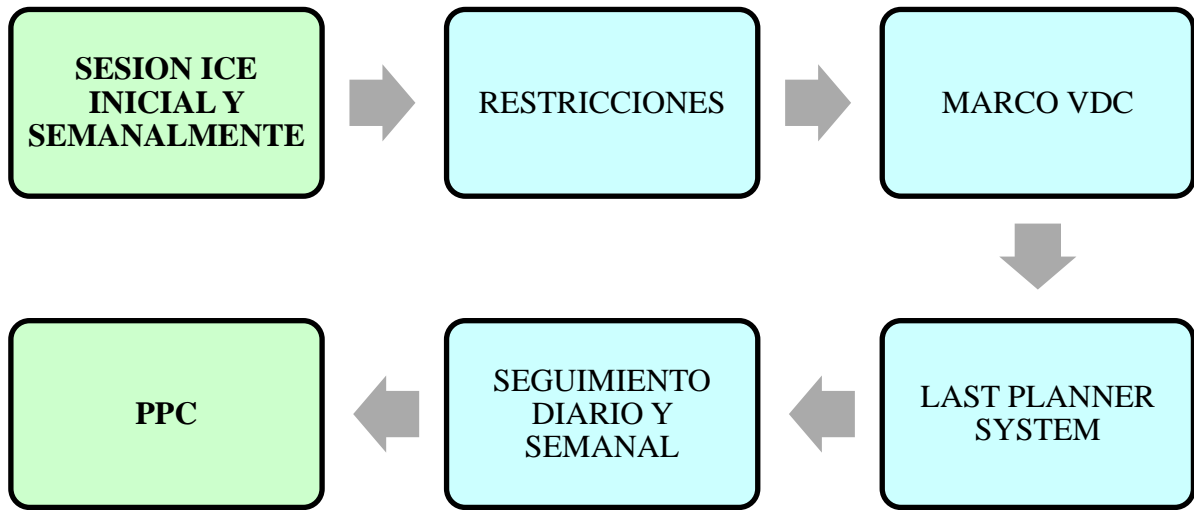


Tabla 25

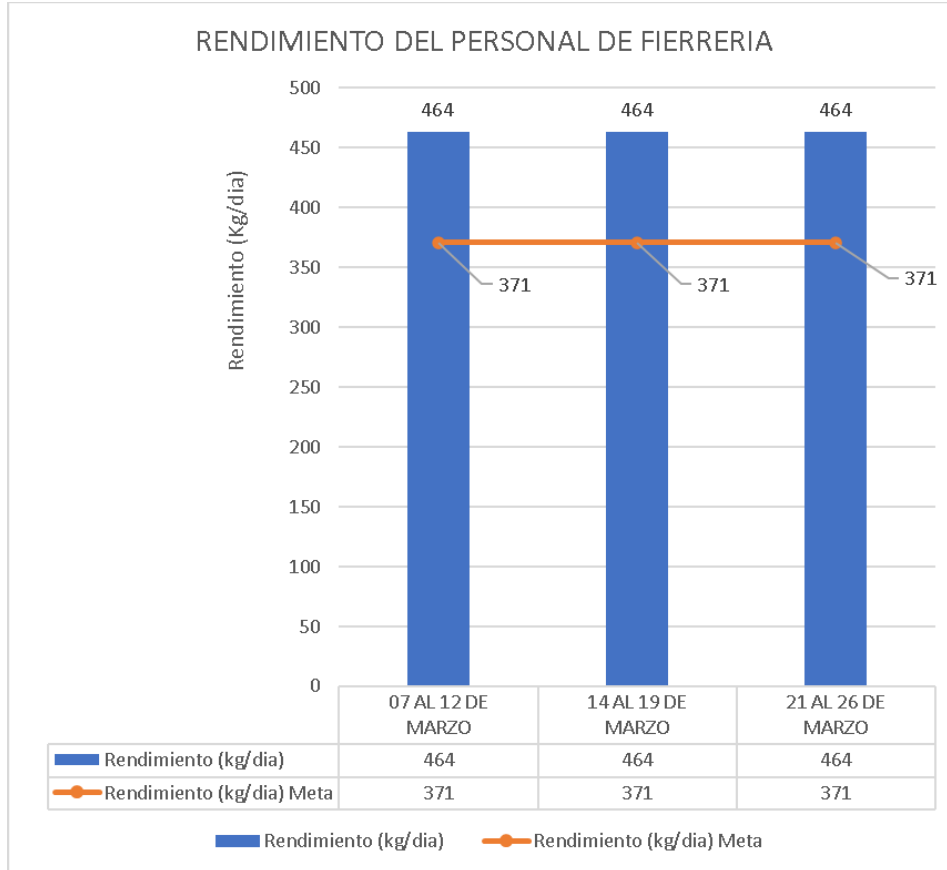
Rendimiento de la mano de obra durante la aplicación de la metodología VDC

Fecha semanal	Cantidad de mano de obra	Rendimiento (Kg/día)	Rendimiento (Kg/día) Meta
07 al 12 de febrero	6	309	371
14 al 19 de febrero	8	232	371
21 al 26 de febrero	8	232	371

Fuente: Elaboración propia,2020.

Figura 33

Rendimiento de la mano de obra en ferrería por día durante la aplicación de la metodología VDC



4.3. INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC

Debido al aumento del rendimiento del personal de mano de obra se pudo tener menor cantidad de operarios a lo que se tenía proyectado en la meta, además de tener un ahorro con respecto a lo que se tenía presupuestado.

Tabla 26

Comparación de antes y después de la aplicación

# de Box	Peso total	Antes de la aplicación		Después de la aplicación	
		# Mano de obra	Rendimiento (kg/día)	# Mano de obra	Rendimiento (kg/día)
2	3708.570	10	371	8	464
3	5562.855	18	309	12	464

Figura 34

Cantidad de mano de obra en campo

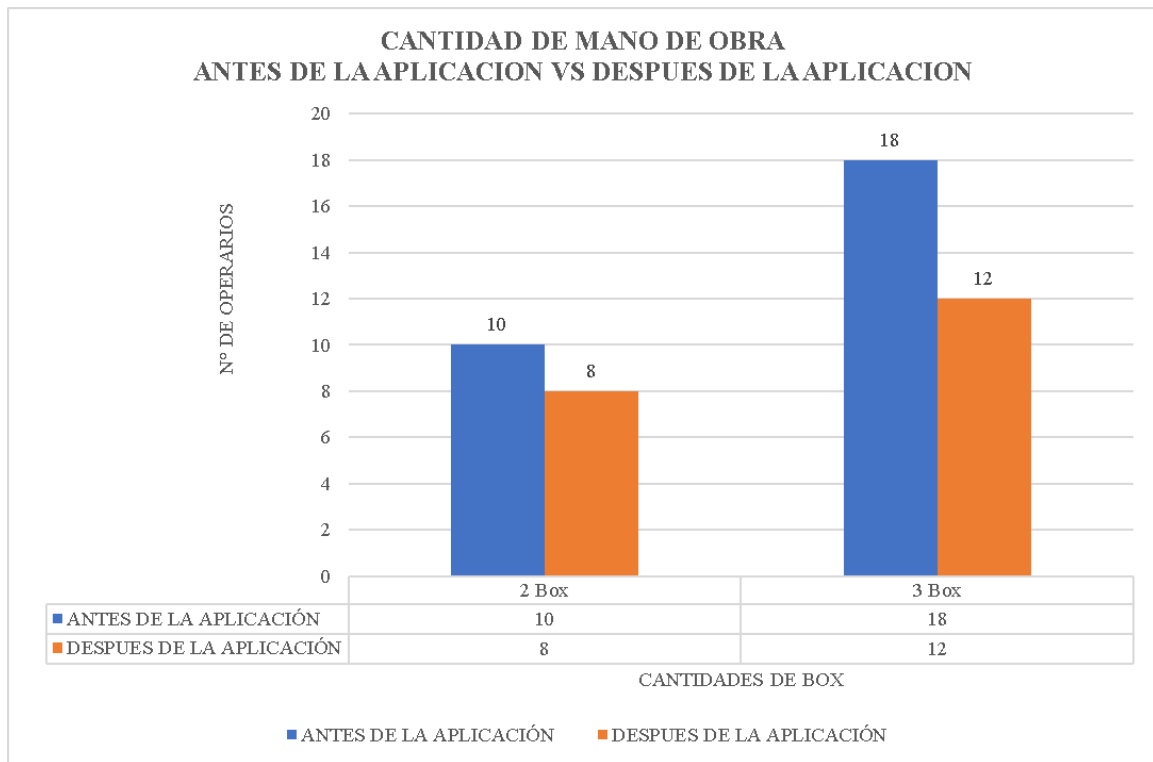


Figura 35

Rendimiento de la mano de obra

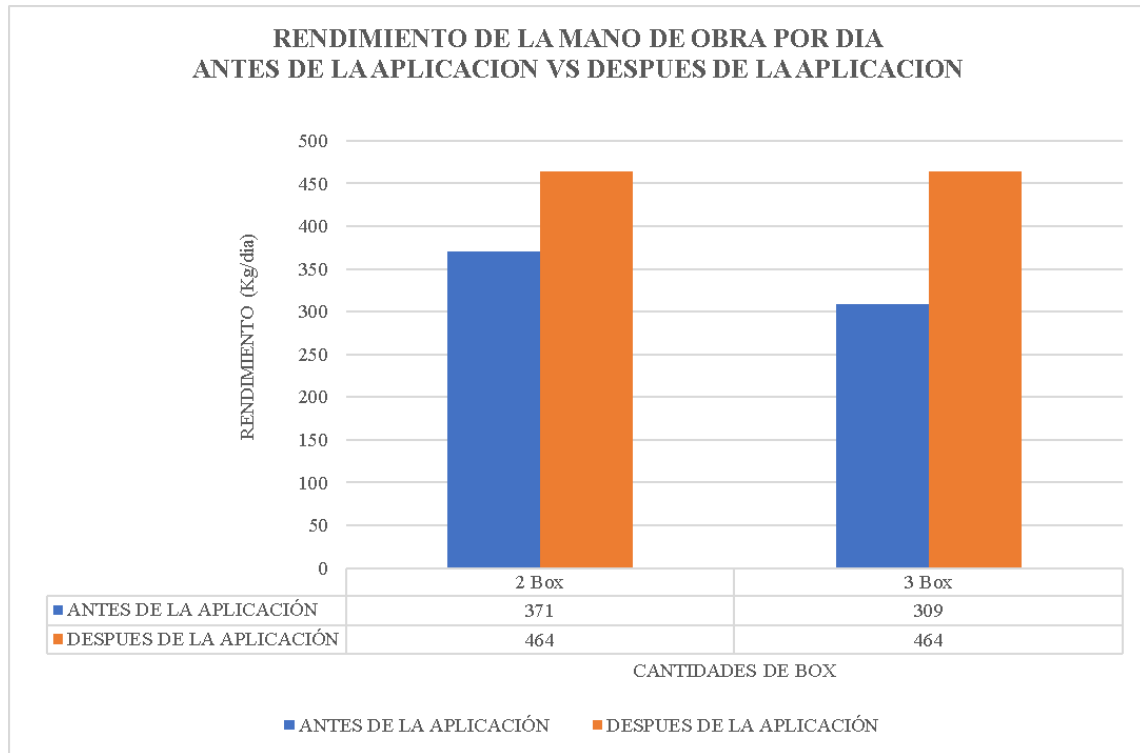


Tabla 27

Sueldo por semana vs presupuestado

Fecha semanal	Horas semanales	Cantidad de mano de obra	Sueldo x semana	Presupuestado	Variación (S/.)	Variación %
07 al 12 de febrero	48	12	11,998.08	15,000.00	-3,001.92	-20.01%
14 al 19 de febrero	48	8	7,998.72	10,000.00	-2,001.28	-20.01%
21 al 26 de febrero	48	8	7,998.72	10,000.00	-2,001.28	-20.01%

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES, LECCIONES APRENDIDAS Y

RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.1.1. *Del objetivo específico 1*

Inicialmente se venía trabajando sin la metodología Virtual Design and Construction, es así como se pudo evidenciar que era necesario contar con una herramienta de trabajo que nos permitiera mejorar los costos y tiempos que se venían perdiendo por la falta de la implementación de esta.

5.1.2. *Del objetivo específico 2*

El Sistema Integrado mediante el uso de modelos virtuales, interoperables y multidisciplinarios realiza un Diseño y Construcción Virtual para simular procesos antes de construir alejándose del modelo tradicional de diseño basado en 2D. Esto permitió evaluar múltiples alternativas de diseño y planes de construcción mediante la simulación y visualización de conjunto del flujo de procesos de actividades de la fase de construcción que eran imposibles en el modelo tradicional, dando como consecuencia una optimización en cuanto a rendimientos y costo del proyecto.

5.1.3. *Del objetivo específico 3*

La implementación de la metodología VDC si influyó significativamente en los resultados de los tiempos y costos, logrando integrar los procesos, técnicas y herramientas descritas y definidas en el proceso de implementación las cuales nos llevaron a obtener resultados satisfactorios para la culminación del presente proyecto

5.2. Lecciones aprendidas

ITEM	TRABAJO AFECTADO	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	CAUSA	ACCION CORRECTIVA	RESULTADO OBTENIDO	LECCION APRENDIDA
1	Instalación de la armadura	Acero de refuerzo mal dimensionado Prearmado con soldadura observadas	Calidad en la producción	Se reviso la calidad del acero de refuerzo en todo el proceso de producción antes de ser enviado a obra	Acero de refuerzo con mínima observaciones en el dimensionado y la soldadura	Considerar tener Stock de barras de 9m de diferentes diámetros para habilitar en caso de fallas en la fabricación Considera tener un soldador para levantar observaciones
2	Movilización de la armadura hacia el área de encofrado	Falta de aceros de refuerzo para rigidizar la estructura	En el diseño inicial no se contempló refuerzos adicionales	Se consideraron aceros de refuerzo de Ø1/2" que se instalaron en las 4 caras de la estructura	Se obtuvo una estructura más estable a la hora de su movilización	Considerar en primero ejecutar una estructura piloto para ver todos los inconvenientes que podría suceder en la instalación y movilización de la estructura

5.3. Recomendaciones

1. Los errores y deficiencias en las gestiones y planificación iniciales y sus efectos en las fases subsecuentes como ampliaciones de plazo y presupuesto, bajo rendimiento de la mano de obra, etc.; son minimizados con la implementación de Sistemas de gestión Integrados en la pre construcción y la construcción.

El trabajo estructurado en base a "modelos" que fusionen principios Lean, fundamentos BIM y criterios VDC aseguran una alta calidad de información desde fases tempranas del proyecto donde los involucrados tienen la capacidad de manejar el riesgo, incertidumbre, y el costo; caso que en el modelo tradicional es imposible de realizar debido a la fragmentación de procesos de diseño y construcción.

2. La implementación de las tecnologías BIM a través de la vía de la metodología VDC, según los resultados obtenidos, requiere en esencia un cambio social, un espíritu colaborativo, integrador, de compromiso, por parte de todos los involucrados del sector construcción, hacia la aceptación de estas tecnologías.

VDC/ BIM y Lean, comparten en esencia un mismo objetivo, el cual es "reducir los desperdicios, agregar valor al producto, mejorar la comunicación, colaboración, y la transparencia en el proceso de generación de la información en el Sistema de Entrega de Proyectos de Construcción", para minimizar errores y deficiencias del diseño tradicional causadas por la falta de comunicación, colaboración entre los involucrados.

Un sistema Integrado basado en VDC/ BIM y Lean, a diferencia del modelo tradicional de diseño; va a crear un ambiente donde la comunicación, colaboración y transparencia se concreta entre las personas adecuadas en el momento adecuado, lo que

permite que se considere una información correcta ingresada a los modelos para la entregar eficiente de la información de diseño.

3. La metodología VDC, trabaja con Ingeniería Concurrente integrada y usa las tecnologías BIM, para lograr un entorno de trabajo sostenido y coordinado, generando que el flujo de comunicación e información entre los participantes sea más eficiente, colaborativa, entendible e integrada.

La formación profesional es sin duda una parte fundamental en la implementación de estas tecnologías, le corresponde a la academia, la incorporación en sus currículos de estas tecnologías, para incrementar el conocimiento y tener ventaja competitiva ante los retos y solicitudes del mercado de la construcción.

La propuesta de implementación de VDC/BIM planteada, aporta a alcanzar un nivel industrializado en el rubro de la construcción, automatiza los procesos de comunicación e información entre las partes integrantes de un proyecto, genera mejoras en los procesos constructivos y de operación y mantenimiento. Nos acerca a la utilización de tecnologías que nos ayudan en la compatibilización de las especialidades en la fase de modelado, para construir lo que realmente se diseñó.

REFERENCIAS

- Montellano Zuna, C. A. (2013). *Procesos de implementación de Tecnologías BIM y diseño bajo las mismas en empresas de Ingeniería (Tesis doctoral, Fundación Universitaria Iberoamericana)*. Obtenido de <https://docplayer.es/8513902-Area-de-proyectos-prevencion-calidad-ingenieria.html>
- Alcántara Rojas, P. V. (2013). *METODOLOGÍA PARA MINIMIZAR LAS DEFICIENCIAS DE DISEÑO BASADA EN LA CONSTRUCCIÓN VIRTUAL USANDO TECNOLOGÍAS BIM (Tesis para título, Universidad Nacional de Ingeniería)*.
- Galán Tirapo, D. J., Franco de Souza Ferreyra, P. E., & García Linares, J. 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 (Tesis de Maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas)*.
- Martínez Ayala, S. J. (2019). *PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTAR LAS TECNOLOGÍAS VDC/BIM EN LA ETAPA DE DISEÑO DE LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN (Tesis de título, Universidad de Piura)*.
- Padilla Saavedra, N. E., & Quispe Rodríguez, K. E. (2017). *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, (Tesis de título, UPC)*.
- Pailiacho Jácome, M. J. (2014). *IDENTIFICAR LOS IMPACTOS EN LOS INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI) DENTRO DE LA INDUSTRIA AEC POR LA APLICACIÓN DE VDC (Tesis de título, Universidad Nacional de Chimborazo)*.

Ruiz Conejo Neyra, P. L. (2015). *PROPUESTA DE TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA*

OPTIMIZAR LA GESTIÓN VISUAL Y DE LAS COMUNICACIONES DURANTE

LA ETAPA DE DISEÑO DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN (Tesis título,

PUCP).

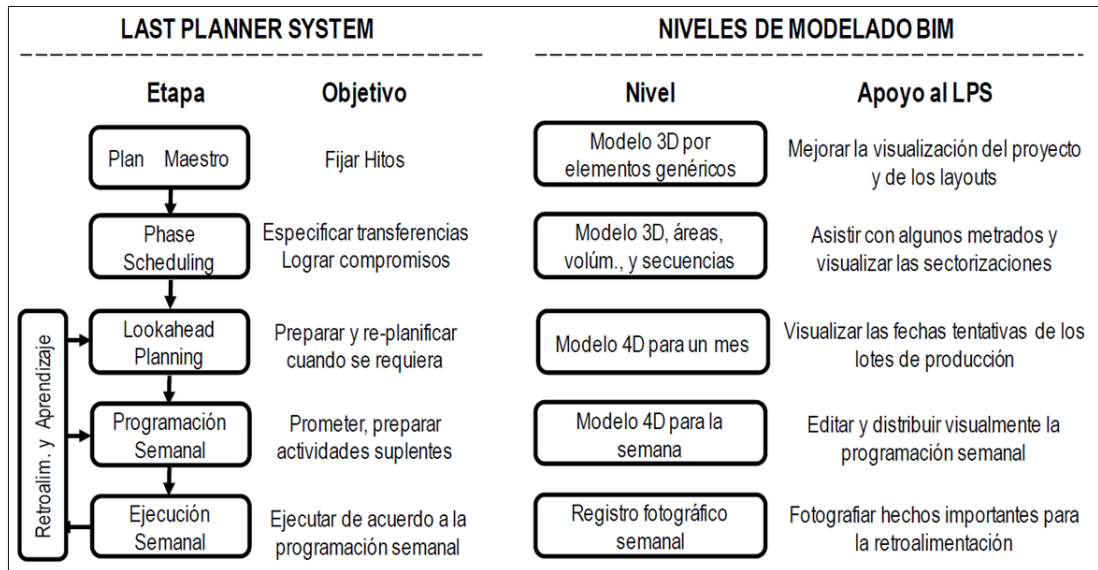
Saldias Silva, r. O. (2010). *ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE REALIZAR UNA*

COORDINACIÓN DIGITAL DE PROYECTOS CON TECNOLOGÍAS BIM (Tesis

de Titulo, Universidad de Chile).

ANEXOS

Anexo 1: Master Plan



Anexo 2: Carta de presentación



Lima, 27 de Enero de 2021.

Señores

UNION DE CONCRETERAS S.A (UNICON)

Dirección: Car. Panamericana Sur Nro. 11.4 Z.I. Fundo el Chilcal - San Juan de Miraflores

Obra: BOX CHINCHERO

Referencia: Carta de presentación de Subcontrata PARIHUAMAN INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.


De nuestra consideración,

Es grato dirigirnos a Ustedes para comunicarles que CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A con RUC N° 20370146994, con domicilio en Av. Antonio Miró Quesada N° 425, Piso 17, Magdalena del Mar, Lima, **subcontrató los servicios** de la empresa **PARIHUAMAN INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.** con RUC 20608634607 con domicilio legal en Av. las gaviotas Mza. b-2 lote. 20 apv. asso. de vivienda el rosal II etapa lima - lima - Santa Anita., para ejecutar el servicio de instalación, en la obra BOX CHINCHERO y actualmente mantiene contrato con Aceros Arequipa teniendo la responsabilidad de:

- ❖ El Proveedor tiene la responsabilidad de entregar al día siguiente inmediato de cada mes, la información de su declaración ante SUNAT, correspondiente al pago de los beneficios laborales de todo el personal destacado en el Proyecto, correspondiente al mes anterior.
- ❖ cumplimiento de las disposiciones laborales y previsionales del personal dentro de las cuales se incluyen los pagos mensuales a AFP's ESSALUD, SENCICO, CONAFOVICER, la documentación correspondiente donde EL CONTRATISTA certifique que sus trabajadores están al día en los pagos de sus cuotas y salarios y otros vinculados a la ejecución de LA OBRA.

Sin otro particular, quedamos a su disposición.

Atentamente


.....
[Redacted Signature]

Corporación Aceros Arequipa S.A

Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A.

Anexo 3: Contrato con Aceros Arequipa

	CONTRATO MARCO DE SERVICIOS ESPECIALIZADOS DE INSTALACIÓN	
	<i>Código OBRA INST. - 000091</i>	Fecha de vigencia: 2022/02

Conste por el presente documento, el Contrato Marco de Servicios Especializados de Instalación que celebran:

CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A; con RUC N° 20370146994, con domicilio en Av. Antonio Miró Quesada N° 425, Piso 17, Magdalena del Mar, Lima, debidamente representada por su Gerente General Tulio Alejandro Silgado Consiglieri, con DNI 10266873, con facultades inscritas en los asientos C00081 y C00093 de la partida N° 70627037, de la Oficina Registral del Callao, (a quien en adelante se llamará la "Corporación"), y de la otra parte

PARIHUAMAN INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.con RUC N° 20608634607, con domicilio legal en Av. las gaviotas Mza. b-2 lote. 20 apv. asso. de vivienda el rosal II etapa lima - lima - Santa Anita. debidamente representada por el Sr. Marcial Parihuamán Chávez con DNI. No. 07370561, según poderes registrados en la partida electrónica N° 14804071 de la Oficina Registral de Lima, (a quien en adelante se llamará "Locador") en los términos y condiciones siguientes:

En los términos y condiciones siguientes, dejando constancia que cuando en el texto se utilice el término "Partes" se entenderá referido a ambas partes en conjunto y cuando se utilice el término "Parte" se entenderá referido a una de ellas.

PRIMERA: ANTECEDENTES

1.1 La Corporación tiene como objeto la fabricación, comercialización, distribución y venta de acero, hierro y otros metales; así como productos de ferretería y construcción en general. Debido a que la venta de los aceros de refuerzo por parte de la Corporación, requieren en ciertas ocasiones la instalación de los mismos en las obras de construcción de concreto armado, la Corporación requiere contratar a una empresa especializada en la habilitación e instalación del acero de refuerzo, instalación del acero dimensionado (en adelante, "Acedim") y/o montaje de elementos Prearmados en obra del acero de refuerzo (en adelante los "Servicios").



1.2 Por su parte el Locador se especializa en la habilitación e instalación del acero de refuerzo, instalación del Acedim y/o montaje de elementos Prearmados y en la ejecución de las actividades requeridas por la Corporación para la correcta prestación de los Servicios, para lo cual cuenta con la experiencia, el personal, los equipos y herramientas adecuadas para ello.



1.3 La Corporación está a cargo de prestar los Servicios a favor de la Empresa UNICON S.A. persona jurídica dedicada a la ejecución de proyectos de construcción de concreto armado (en adelante "Empresa Constructora"), que se encuentra a cargo del Proyecto "BOX - CHINCHERO", ubicado en Av Lima S/N - Costado Unacem , distrito : Villa Maria del Triunfo ,ciudad de Lima ; por lo que la Corporación requiere contratar con el Locador la prestación de los Servicios que son materia del presente contrato.

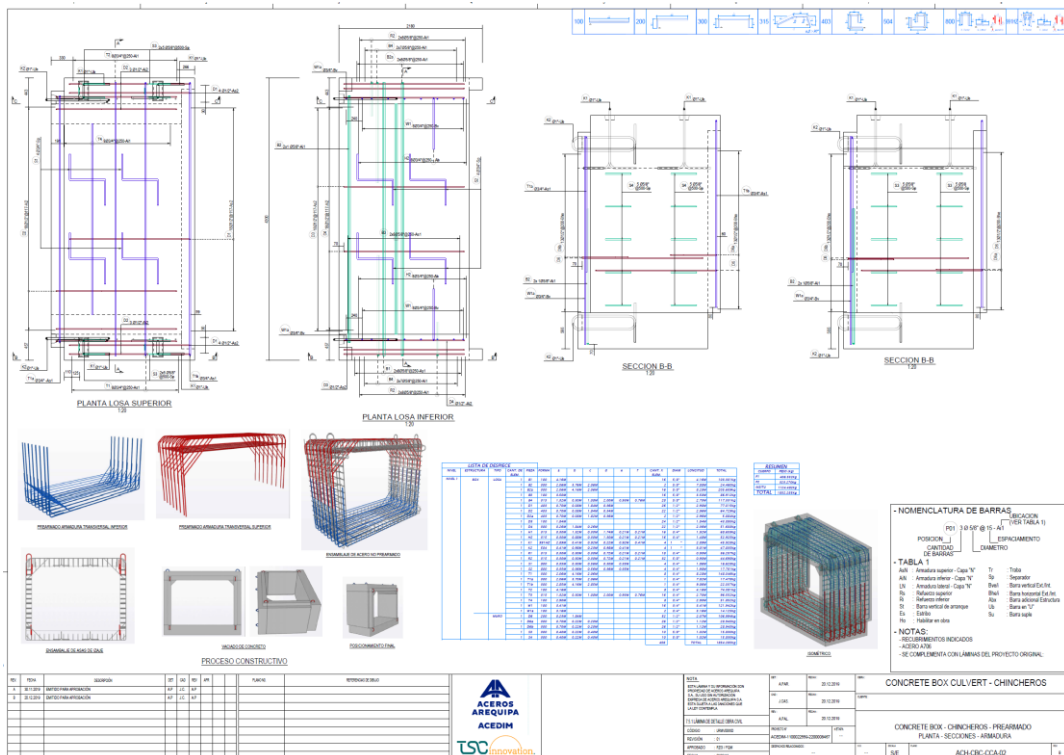
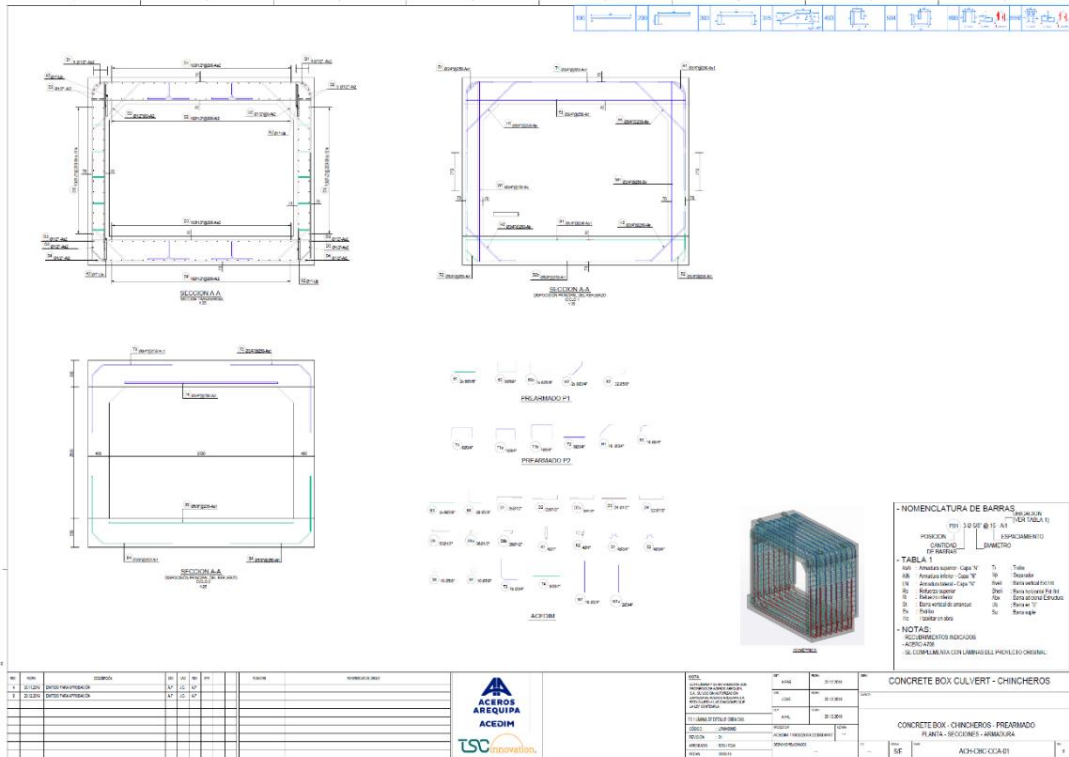
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A.

Anexo 4: Formato de entrega del material de Acero dimensionado y prearmado

Fecha Entrega	Despacho	Area	Sector	Estructura	Tipo	Producto	Estado ACEDIM	Unidad / DT	Peso(tn)
24/2/2022	0001	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	Entregado	753846	0.52 tn
Total 24/2/2022									0.52 tn
25/2/2022	0003	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	Entregado	755800	0.52 tn
	0002	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	Entregado	755800	0.52 tn
Total 25/2/2022									1.04 tn
26/2/2022	0005	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	Entregado	756353	0.52 tn
	0004	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	Entregado	756353	0.52 tn
Total 26/2/2022									1.04 tn
1/3/2022	0007	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	Entregado	756662	0.52 tn
	0006	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	Entregado	756662	0.52 tn
Total 1/3/2022									1.04 tn
7/3/2022	0028	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	758589	0.05 tn
	0023	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	759031	0.52 tn
	0022	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	759031	0.52 tn
	0021	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	759031	0.52 tn
	0020	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	759031	0.52 tn
	0019	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	759031	0.52 tn
	0018	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	759031	0.52 tn
	0017	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	759031	0.52 tn
	0016	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	759031	0.52 tn
	0015	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	759031	0.52 tn
	0014	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	759031	0.52 tn
	0013	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	758589	0.52 tn
	0012	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	758589	0.52 tn
	0011	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	758589	0.52 tn
	0010	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	758589	0.52 tn
	0009	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	758589	0.52 tn
	0008	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Transito	758589	0.52 tn
Total 7/3/2022									8.37 tn
10/3/2022	0027	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Fabricacion		0.52 tn
	0026	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Fabricacion		0.52 tn
	0025	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Fabricacion		0.52 tn
	0024	MUELLE	T-1	DEFENSA	PF-D1	ACEDIM	En Fabricacion		0.52 tn
Total 10/3/2022									2.08 tn
Suma total									14.09 tn

Fuente: TSC Innovation S.A.C.

Anexo 5: Planos de despiece del Box



Fuente: TSC Innovation S.A.C.

Anexo 6: Panel fotográfico

Figura 36

Revisión de las dimensiones del acero dimensionado y prearmados





Figura 37

Zona de acopio del acero de refuerzo



Figura 38

Habilitación de los aceros de refuerzo que han llegado con errores de fabricación



Figura 39

Instalación de la armadura del Box



Figura 40

Soldadura de los prearmados que han sido observados por supervisión



Figura 41

Descarga del acero de refuerzo



Figura 42

Armadura del box finalizado

