



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“PROPUESTA DE MEJORA PARA OPTIMIZAR EL TIEMPO DE EJECUCION DEL CASCO ESTRUCTURAL UTILIZANDO LA METODOLOGIA VDC EN EL PROYECTO RESIDENCIAL OASIS II, SULLANA-PIURA, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Luis Enrique Rabanal Miñano

Asesor:

Dra. Sheyla Yuliana Cornejo Rodríguez
<https://orcid.org/0000-0001-8198-2250>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Rodríguez Beltrán Eduar José	18213588
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Peche Melo Nixon Brayan	70615775
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Rivera Muñoz Melving Luis	43124998
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

TESIS_RABANAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.ulima.edu.pe Fuente de Internet	

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mis padres y a mi hermana que con su dedicación ejemplar me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

Por ser el pilar fundamental de todo lo que hoy soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada del Norte por brindarme a través de sus docentes todos los conocimientos y valores que nos ayudan en la vida profesional.

Al cuerpo docente de la Escuela Profesional de Ingeniería por todos los conocimientos y orientación impartidos a lo largo de nuestra formación académica profesional.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	25
1.3. Objetivos	25
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	27
CAPÍTULO III: RESULTADOS	36
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	64
REFERENCIAS	70
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de clasificación de variables	28
Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables	34
Tabla 3 Matriz de consistencia	35
Tabla 4 Cronograma de sesiones ICE	46
Tabla 5 Descripción detallada de la aplicación de ICE	47
Tabla 6 Descripción detallada de la aplicación de BIM	50
Tabla 7 Descripción detallada de la aplicación de PPM	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Marco Virtual Design and Construction.....	17
Figura 2 Simulación de construcción virtual.....	19
Figura 3 Revisiones virtuales y sesiones informativas del campo con subcontratistas.....	22
Figura 4 Aplicación de las cinco palancas de optimización del sistema de producción.	24
Figura 5 Diagrama de flujo de la metodología de la investigación.....	33
Figura 6 Partidas referenciales del casco estructural de sótanos de una edificación.	38
Figura 7 Partidas de movimiento de tierras y plataformado.	39
Figura 8 Colocación y armado de acero en placas.	40
Figura 9 Vaciado de concreto de placas y columnas.	42
Figura 10 Acabado de losa	43
Figura 11 Resultados de la encuesta	44
Figura 12 Cronograma de ejecución de obra.....	45
Figura 13 Resultado de la métrica Tecnología	47
Figura 14 Resultado del factor controlable Asistencia de involucrados.....	48
Figura 15 Reuniones diarias en campo.....	49
Figura 16 Vista en planta del 1er piso del unimódulo	50
Figura 17 Vista en 3D de los módulos de viviendas en el proyecto.	51
Figura 18 Vista 3D de estructuras de concretos clasificados en cimentación, placas y losa.	51
Figura 19 Vista en planta de un tetramódulo de vivienda.	52
Figura 20 Resultado de la métrica TAC	54
Figura 21 Lookahead planning Oasis.....	55
Figura 22 Análisis de restricciones y recursos	56
Figura 23 Porcentaje del plan completado semanal	57
Figura 24 Diagrama SIPOC del proceso de vaciado de concreto.....	60
Figura 25 Análisis de incumplimiento acumulado.....	57
Figura 26 Mapeo del proceso de producción de concreto.	63

RESUMEN

El proyecto residencial Oasis ubicado en Piura requiere optimizar el tiempo de ejecución del casco estructural de los módulos de vivienda que abarca el proyecto. Para esto, se aplicarán conceptos de la metodología Virtual Design and Construction en la gestión del proyecto. En ese sentido, esta investigación presenta un análisis de la situación actual del proceso constructivo y la producción, con la finalidad de evidenciar los problemas más frecuentes en obra. Además, se plantean propuestas de mejora para la construcción del casco estructural del proyecto basándose en la metodología Virtual Design and Construction y sus componentes. Como resultado, mediante la integración de los principales actores del proyecto y las diversas áreas de la empresa constructora para la agilización en la toma de decisiones, el empleo de un modelo 3D que permita la visualización del proyecto como herramienta de soporte en la planificación diaria, y la optimización del sistema de producción de la planta concretera, se logró reducir el tiempo de ejecución del casco estructural del proyecto en un 17%.

PALABRAS CLAVES: ICE, BIM, PPM, VDC, viviendas sociales.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Comúnmente en los proyectos de construcción, los expedientes técnicos son proporcionados al contratista con una información limitada para llevarlo a cabo. Esto al ejecutarse sin una respectiva integración de las especialidades genera altos costos e incumplimiento de plazos en el proyecto. (Choque et al., 2022)

Por un lado, los esfuerzos que se hacen por mejorar la producción en el sector construcción son significativos, desde la optimización de los procesos constructivos, adopción de nuevas metodologías y tecnologías para maximizar la eficiencia de los proyectos, tal como la adopción del BIM en el sector construcción en el Perú. El BIM contribuye a mejorar la productividad en la construcción, pero incluso con su correcto uso no se está conllevando a que los procesos se entiendan de manera precisa y efectiva. (Choque et al., 2022). Por otro lado, existen empresas que dirigen proyectos en base al PMBOK debido a las buenas prácticas y experiencias que se recogen de proyectos exitosos. Asimismo, las áreas del conocimiento que se presenta en su guía son de gran importancia para la gestión de proyectos, sin embargo, estos no son los únicos requisitos para obtener un proyecto exitoso ya que no contemplan el enfoque de los proyectos como un sistema de producción. (PPI, 2022)

En el caso de los proyectos de construcción viviendas sociales en el Perú, se han destinado subsidios para atender el déficit habitacional y la demanda por formación de nuevos hogares, este esfuerzo representa aproximadamente la construcción de 50200 unidades habitacionales por año, un valor menor en comparación con Chile y Colombia. (Valdivia G., 2022).

Este déficit habitacional se expresa en resultados de investigaciones realizados en los últimos años, tal como indica el Instituto Nacional de Estadística e Informática en su Encuesta Nacional de Programas Presupuestales 2011-2021. Este informe nos menciona que para el año 2021 el 11.2% de hogares entre el sector urbano y rural presentaron déficit habitacional ya sea de carácter cuantitativo o cualitativo. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022).

Ante esto, se han adoptado medidas de impulso por parte del Estado, tales como la reducción de cuotas iniciales, mayores plazos de financiamiento e incremento en los valores de bonos que ofrece el Fondo Mi Vivienda, todo esto con el fin de reducir la brecha existente en relación con la demanda de viviendas. (Mi vivienda, 2022)

Asimismo, las empresas del rubro han ido desarrollando estos tipos de proyectos en los diferentes lugares del Perú generando así una utilidad considerable, sin embargo, se han presentado diversas dificultades para cumplir con el marco contractual en términos de tiempo y costo debido a una ingeniería poco definida desde el inicio de la etapa de construcción.(Corrales Tamayo & Saravia Torres-Llosa, 2020). Estos problemas, se magnifican cuando no se realiza una planificación adecuada, lo que da como resultado la generación de retrabajos y la realización de actividades que no se definieron antes de que comencará la ejecución del proyecto.(Izquierdo Chombo, 2016)

Con todo lo expuesto, se evidencia la realidad que abarca el problema central y sus derivados en el sector construcción y en el marco de proyectos de viviendas sociales. El proyecto Residencial Oasis II, Sullana es un claro ejemplo, en el cual se está viendo afectado por los problemas mencionados anteriormente.

La presente investigación se realiza debido a la necesidad existente de resolver los problemas relacionados con la baja productividad en el sector construcción. En este estudio, se pretende utilizar la metodología VDC aplicado a proyectos de viviendas sociales, en este caso el proyecto denominado “Residencial Oasis II, Sullana”, lo cual a través de resultados se podrá evidenciar el aporte de la metodología VDC con respecto a la mejora de la productividad de los procesos de gestión y producción tradicionales que se están aplicando actualmente.

La importancia de esta la técnica radica en la sinergia entre sus pilares principales (BIM, ICE, METRIC y PPM), lo cual permite tener todo un proyecto de construcción terminado de manera virtual. Con la incorporación de las variables de tiempo y costo en el modelo, ayuda a prevenir con anticipación los problemas relacionados a la planificación de los procesos constructivos, permite obtener programaciones más precisas, minimizar los errores y desperdicios. Toda esta metodología se desarrolla en un entorno colaborativo en donde el compromiso de los profesionales y los stakeholders es fundamental para el éxito del proyecto. Además, cabe resaltar que el costo de su implementación versus los beneficios que se generan con su aplicación en los proyectos resulta insignificante. (Cabrera, 2016).

Los antecedentes relacionados con la investigación sobre la implementación de la nuevas metodologías y tecnologías enfocadas en mejorar la producción del sector construcción han logrado resultados favorables en proyectos a nivel nacional y mundial. Por ejemplo, con respecto al uso de nuevos materiales, los elementos prefabricados han ido en aumento en el sector construcción debido la facilidad de instalación, la confiabilidad del sistema y su precio competitivo. Balarezo (2019); en su tesis titulada “Aplicación del sistema de prelosas y su incidencia en el tiempo de ejecución del edificio Medis, Pueblo Libre 2018” para obtener el

título profesional de Ingeniero civil en la Universidad Cesar Vallejo, planteó determinar la influencia del sistema de prelosas en el tiempo de colocación de coberturas para estacionamientos del edificio multifamiliar Medis. La metodología utilizada fue no experimental debido al análisis de un sistema ya existente. En conclusión, se identificó como problemas más frecuentes en relación con el sistema convencional el incumplimiento de los plazos de entrega y la restricción horaria que ejercen las Municipalidades sobre las obras de construcción; además, se evidenció que el sistema de prelosas adquiere una mayor productividad de ejecución ya que elimina de actividades de inventarios y acabados, por ende, reduce los tiempos entrega de losas de entrepiso. (Balarezo, 2019). Con respecto a las metodologías, Guzmán (2014); en su tesis titulada “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos” para obtener el título profesional de Ingeniero civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú, tiene como objetivo implementar la filosofía Lean Construction en el marco de la planificación, programación, ejecución y control mediante una metodología experimental del tipo aplicativo. Este estudio se desarrolla en base a las herramientas lean más importantes tales como Last Planner System, sectorización, cartas de balance, entre otros. Todo esto como propuesta de mejora de productividad en un modelo de aplicación para una empresa constructora a fin de esclarecer los buenos resultados que brinda la incorporación de la filosofía Lean en las organizaciones del rubro. (Guzmán, 2014). Asimismo, Gustafsson, Gluch, Gunnemark, Heinke, & Engström (2015); en su artículo científico titulado “The Role of VDC Professionals in the Construction Industry”, indican que la metodología Virtual Design and Construction está modificando la forma de trabajar, por ello, su investigación tiene como objetivo mapear la apreciación que tienen los profesionales de la industria sobre

el rol que cumplen los profesionales de VDC. Para esto, se realizó un estudio a través de encuestas para conocer la percepción que tiene el equipo de trabajo de una empresa de construcción sueca sobre la nueva metodología. Se concluye, la existencia de una necesidad de invertir en el desarrollo del profesional VDC en la industria y en la educación en ingeniería debido a su importancia que presentará en el futuro. También, se identificó un mayor alcance para el rol del profesional VDC en las áreas no contempladas inicialmente, tales como el área de licitaciones, ventas y entrega. (Gustafsson et al., 2015). En esa misma línea, Aslam, Gao, & Smith (2021); en su artículo científico titulado “Integrated implementation of Virtual Design and Construction (VDC) and lean project delivery system (LPDS)”, tienen como objetivo describir e identificar la sinergia que existe a través de la implementación de LPDS integrado con VDC. Por un lado, Lean Project Delivery System valora la colaboración entre disciplinas, la participación temprana de las personas, las relaciones sólidas, el compromiso y la mejora continua. En cambio, VDC mejora la visualización, flujo de información e integración de diseño y construcción. También, este estudio desarrolla las pautas para su implementación óptima con el fin de adoptar de manera efectiva las funcionalidades de VDC en un entorno Lean. Todo esto se realizó en base a una exhaustiva revisión sistemática de la literatura entre los tópicos de VDC y LPDS según Liberati et al. (2009) y Mok et al. (2015). Como resultado, se encontró un total de 351 interacciones hipotéticas positivas entre las 2 metodologías y 65 oportunidades para identificar los desperdicios, mejorar la productividad, aumentar el valor y mantener el flujo continuo, mostrando así una sólida sinergia entre ellos. Además, se desarrollaron los pasos de implementación para utilizar VDC dentro del entorno LPDS. (Aslam et al., 2021). Agregando a lo anterior, Shenoy (2017); en su artículo científico titulado “A Comparison of

Lean Construction with Project Production”, tiene como objetivo describir las diferencias existentes entre la metodología Lean Construction y Project Production. Asimismo, se presenta el marco de la adopción de nuevas metodologías, tales como Lean Project Management, Agile Project Management, Scrum, Theory of Constraints en la gestión de proyectos de construcción como solución a los problemas relacionados con las organizaciones y los procesos de gestión en el ámbito de ejecución y entrega de proyectos, sin embargo, todos estos enfoques no resultan suficientes para resolver el problema. Ante esto, Shenoy describe con la literatura académica los principios de la ciencia de operaciones ligadas a Lean Construction en base a sus fundamentos iniciales y a las variaciones presentadas en su evolución en el tiempo como resultado de las investigaciones y experiencias abordadas en el trayecto de su aplicación. A su vez, se explica con base técnica lo que es PPM (Project Production Management) abordando la brecha existente entre el desempeño deficiente de los proyectos actuales y lo que se puede obtener comprendiendo sus funcionalidades en diferencia con las otras metodologías. La investigación concluye que, Lean Construction cubre conceptos de gestión de proyectos, contratos, formas integradas de trabajo y organización de los interesados tal como LPDS. También, rescata el enfoque humano en el trabajo físico de esta metodología. Por otro lado, PPM enfatiza en la aplicación de la ciencia de operaciones a los proyectos, tomándolos como un sistema de producción. En consecuencia, la adopción de los métodos y principios de PPM en una organización optimizaría el rendimiento, el tiempo del ciclo y los costos del proyecto. (Shenoy, 2017). Por otra parte, Quiso, Rivera, & Farje (2021); en su artículo científico titulado “Proposal for the application of ICE and BIM sessions to increase productivity in construction”, definen a la baja productividad como el principal problema que aborda el

sector construcción. Primeramente, identificaron las causas más frecuentes de baja productividad en 10 edificaciones, entre las más resaltantes destacan la falta de inversión o conocimientos en digitalización e innovación para la ejecución de proyectos de construcción, mala comunicación entre el equipo del proyecto y la complejidad de los proyectos. Ante ello, proponen como objetivo la implementación de BIM y ICE como herramientas para solucionar este problema. Por ello, este estudio se enfoca en desarrollar una propuesta a través de una metodología que pueda incrementar la productividad en la construcción de edificaciones. La metodología propuesta es Diseño y Construcción Virtual (VDC), que tiene 4 pilares: Modelado de Información de Construcción (BIM), Ingeniería Concurrente Integrada (ICE), métricas y Gestión de Producción de Proyectos (PPM). Finalmente, se concluye que la incorporación de dichas herramientas mejora significativamente en la comprensión de los entregables por parte de los ingenieros del proyecto y los principales ejecutores de obra, también se progresó en la mejora de la comunicación en el equipo evitando retrasos de información. Además, se indican recomendaciones tales como abordar esta metodología desde una etapa temprana del proyecto para así poder maximizar sus beneficios, también sobre la relación existente entre el costo de inversión en esta metodología con los resultados a obtener. (Quiso et al., 2021).

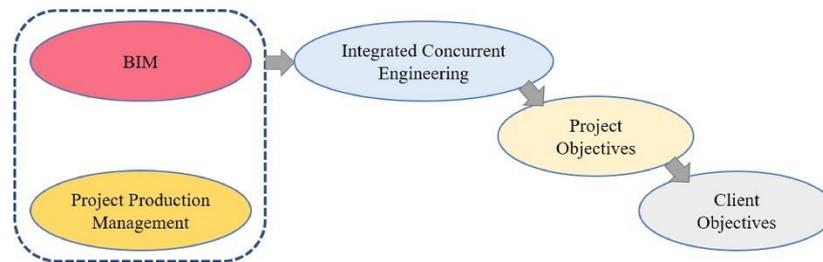
De esta manera, resulta de suma importancia detallar la parte teórica que abarca esta metodología para entender las terminologías y conceptos relacionados a esta.

Primeramente, Virtual Design and Construction se define como la gestión de personas y procesos, con la finalidad de lograr los objetivos del proyecto o de la organización y mejorar el desempeño. Asimismo, implica primeramente realizar la construcción de manera virtual para luego pasar a lo real. Esta metodología requiere que todas las partes interesadas trabajen

colaborativamente direccionados hacia objetivos comunes, modelando sistemáticamente lo que se va a construir, ensayándolo, construyendo, midiendo y reduciendo constantemente las desviaciones entre lo virtual y lo real.(Building and Construction Authority, 2017). En la figura 1, se presentan las partes principales de la metodología VDC.

Figura 1

Marco Virtual Design and Construction.



Nota: Componentes de la metodología VDC. Tomado de *Towards digital architecture, engineering, and construction (AEC) industry through virtual design and construction (VDC) and digital twin*, presentado por Rafsanjani & Nabizadeh, 2021, Energy and Built Environment, October.

Según Kunz & Fischer (2012); con su investigación menciona 3 fases distintas para la implementación de la metodología VDC, rescatando su propuesta de valor y estrategia a nivel individual en cada una de estas fases. Estas etapas son las siguientes:

- **Visualización y Métricas:** Se inicia con la creación del modelo 3D, la realización de los diseños, la construcción, las operaciones y el proceso a seguir por los participantes de la organización, con base en métricas de rendimiento que se predicen a partir de modelos y se rastrean en el proceso. Para garantizar su funcionalidad, se recomienda a los involucrados desarrollar las competencias para poder interpretar los modelos visuales y para otros, conocimientos para poder desarrollarlos. (Kunz & Fischer, 2012)

- **Integración:** En esta etapa, se establecen métodos de computadora para intercambiar datos entre los involucrados del proyecto y de manera confiable entre los modelos, organizaciones, procesos y los programas de análisis mediante la interoperación. Asimismo, los contratos deberán permitir la colaboración de múltiples especialidades e incentivar el intercambio de información.(Kunz & Fischer, 2012)
- **Automatización:** Durante esta fase, se usan métodos automatizados para realizar el diseño o apoyar la construcción de subensamblajes que conllevan a su instalación en campo. En efecto, las organizaciones comúnmente necesitan cambiar sus procesos debido al poco valor dado al análisis de sus técnicas. Estas modificaciones permiten replantear sus diseños óptimamente para así poder reducir tiempo y esfuerzo facturable a las tareas rutinarias de diseño. (Kunz & Fischer, 2012)

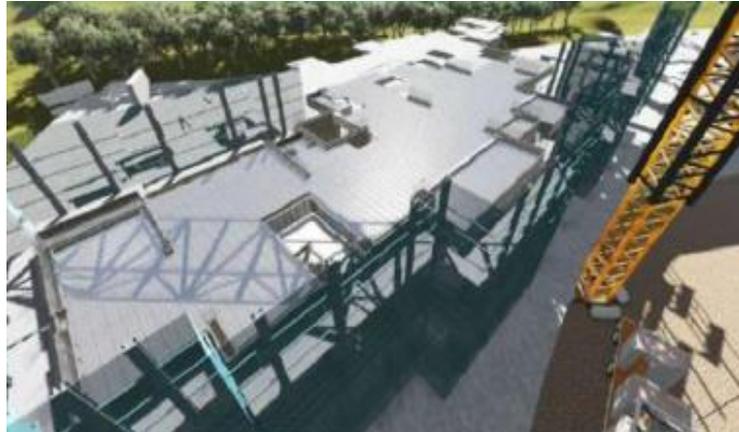
A continuación, se describen los componentes relacionados al marco VDC tales como: BIM, ICE, PPM y las métricas de desempeño.

Building Information Modeling (BIM)

En el marco de esta metodología, BIM resulta solo un componente de VDC, también es la herramienta de información necesaria para realizar las actividades de simulación (ver figura 2), cumplir las metas y objetivos del proyecto.(Building and Construction Authority, 2017)

Figura 2

Simulación de construcción virtual.



Nota. Modelo virtual de construcción de una edificación. Tomado de *Singapore VDC Guide* (pp.66), por Building and Construction Authority, 2017.

Building Information Modeling es una metodología basada en el uso de información coordinada, acertada y digitalizable sobre las características generales y específicas de un proyecto de infraestructura, cuyo objetivo es establecer una base de conocimientos confiable para la toma de decisiones durante todo el ciclo de vida completo del proyecto.(Building and Construction Authority, 2017).

El modelo de información desarrollado y compartido por los equipos de trabajo de manera colaborativa, mejorando la comunicación y el intercambio de información. Cabe señalar que la utilización de BIM no se limita a la creación de modelos 3D, sino también involucra la configuración ordenada de toda información de inversión y una adecuación organizacional que permita fortalecer la formulación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de los activos generados producto de la inversión.(Rafsanjani & Nabizadeh, 2021).

A continuación, se presenta los beneficios de utilizar esta la metodología BIM según la guía nacional BIM.

- **Transformación digital:** Durante el ciclo de vida del proyecto los distintos actores involucrados trabajan con diferentes documentos de forma digital, lo cual permite el intercambio de información transparente, y agilización en el procesamiento e intercambio de datos entre el equipo de trabajo. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).
- **Integración:** Puede integrar un gran conjunto de datos gráficos y no gráficos en un solo modelo ya sea sobre infraestructuras, topográfica, costos, tiempo, entre otros. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).
- **Calidad:** Hace posible la evaluación y control de los estándares de calidad. Además, identifica las interferencias e incompatibilidades de diseño, por ende, reduce las modificaciones durante la ejecución de la obra. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).
- **Eficiencia:** Permite reducir costos y plazos durante el desarrollo de los proyectos. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).
- **Mejor comunicación con la ciudadanía:** Con la visualización del proyecto modelado se anticipa las medidas a implementar ante los riesgos potenciales para la población, en consecuencia, se minimiza las interrupciones. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).
- **Diseño para fabricación y ensamblaje:** Se toma en consideración todos los elementos plasmados en el diseño para su correcto montaje en el sitio de construcción, permitiendo obtener una mejor calidad del producto instalado. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

- **Supervisión del avance de obra:** La integración del diseño, costos y tiempo en un modelo de información apoyada en una simulación permite obtener en tiempo real el avance de la ejecución de obra. Esto facilita la evaluación de la edificabilidad y la planificación del flujo de trabajo. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).
- **Rendimiento de activos:** Incorpora la información del fabricante en el diseño para dar un óptimo uso a los recursos brindados. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).
- **Impacto en el medioambiente:** Con la mejora de los procesos de diseño y ejecución de obra, se reducen los desperdicios producidos en la construcción. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).
- **Transparencia:** Contribuye a la transparencia de información y en la toma de decisiones en todas las fases del proyecto. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

Integrated Concurrent Engineering (ICE)

ICE es una manera de organizar un equipo para resolver problemas de forma eficiente y sistemática antes del inicio y en el transcurso de las actividades de construcción del proyecto. Se fundamenta en el uso de herramientas digitales como tecnología para proyectar y ensayar diversos modelos virtuales para una mejor comprensión del proyecto a construir. Además, permite que todos los representantes de las partes interesadas del proyecto trabajen colaborativa y concurrentemente para adoptar las mejores soluciones a los problemas que se presenten a lo largo del proyecto. (Building and Construction Authority, 2017)

Esta forma de coordinación hace posible crear equipos integrados para llegar al costo objetivo del proyecto, y también colabora con la reducción de tiempos de aprobación de alternativas de mejoras en los procesos. Las sesiones denominados ICE se encuentran integradas por un líder de equipo quien gestiona los tópicos a tratar en las reuniones y reúne información de los resultados que se obtienen; también 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 todos los miembros del equipo, quienes constantemente proponen alternativas de solución, desarrollo de los procesos y el entregable final.

Figura 3

Revisiones virtuales y sesiones informativas del campo con subcontractistas.



Nota. La figura presenta una sesión ICE con la participación de los involucrados del proyecto. Tomado de *Singapore VDC Guide* (pp.93), por Building and Construction Authority, 2017.

Project Production Management (PPM)

El Project Production Management permite la aplicación de la ciencia de operaciones como fundamento para mapear, modelar, analizar, optimizar, controlar y mejorar el sistema de producción del proyecto. (Project Production Institute, 2020)

Según el PPM el desempeño del sistema de producción se rige por cinco palancas basadas en la producción (Project Production Institute, 2020), entre las cuales son:

Diseño del producto: Corresponde al del entregable activo, sistemas, ensamblajes y piezas, incorporados en los procesos de estandarización, modularización y desacoplamiento físico-interfaz. (PPI, 2022)

Diseño de Procesos: Es la secuencia de operaciones de producción. También, plantea la distribución y agrupación de los trabajos, requisitos técnicos, tecnología y la automatización a ser utilizadas para la ejecución del trabajo, las políticas y los mecanismos de control para producir el activo. (PPI, 2022)

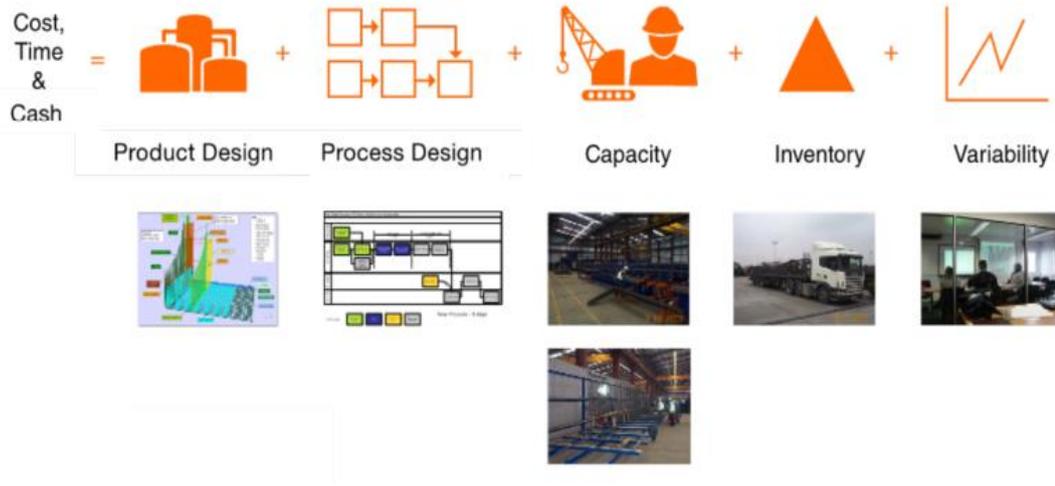
Capacidad: Es el valor promedio máxima a la que los artículos, unidades, tareas o productos pueden fluir a través de un proceso o sistema. Los factores que contribuyen a la capacidad del sistema son la mano de obra, el equipo y la zona de trabajo. (PPI, 2022)

Inventario: Es la acumulación de lotes que ocurre en cualquier estación o entre los flujos de trabajo. “El inventario entre dos o más flujos de oferta y demanda se denomina stock, mientras que el inventario dentro de un flujo se denomina trabajo en proceso”. (PPI, 2022)

Variabilidad: Resulta la diferencia entre cualquiera de las instancias específicas de una operación o proceso. (PPI, 2022)

Figura 4

Aplicación de las cinco palancas de optimización del sistema de producción.



Nota. Presenta el enfoque de PPM en el Sistema de producción de un proyecto. Adaptado de *Five Levers Of Production System Optimization* (pp.6), presentado por Project Production Institute, december 2020.

Métricas de desempeño

Las métricas son utilizadas para establecer un control sobre cómo alcanzar los objetivos de un proyecto. Esto nace a partir de la transformación de los objetivos del cliente en indicadores de medición de rendimiento, operación, sostenibilidad unida a la seguridad, calidad, cronograma y costo con el fin de medir la edificabilidad (Fischer et al. 2017; Rankin et al. 2008). Por ejemplo:

- **Porcentaje de actividades completadas (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. (Franco de Souza Ferreyra et al., 2017)

- **Órdenes de Cambio identificadas a tiempo (OCT):** Se encuentra relacionado a la identificación a tiempo de actividades que producirían trabajos rehechos, generando retrasos y sobrecostos. (Franco de Souza Ferreyra et al., 2017)
- **Ratio Unitario de Productividad (RUP):** Relacionado con la productividad de la mano de obra, equipos y materiales. (Franco de Souza Ferreyra et al., 2017)
- **Costo de Fallas:** Tiene relación con los costos generados por productos o servicios no conformes a las especificaciones técnicas y objetivos del cliente. (Franco de Souza Ferreyra et al., 2017)
- **Participación del equipo en reuniones semanales:** Permite medir el grado y nivel de compromiso que tienen los equipos de trabajo con los objetivos planteados en el proyecto. (Franco de Souza Ferreyra et al., 2017)

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera se podría optimizar el tiempo de ejecución del casco estructural de los módulos de vivienda en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022?

1.3. Objetivos

Objetivo General

- Desarrollar una propuesta de valor para la optimización del tiempo de ejecución del casco estructural de los módulos de vivienda integrando conceptos de la metodología VDC en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022.

Objetivo Especifico

- Analizar los antecedentes y la situación actual del proceso constructivo tradicional de viviendas en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022.

- Determinar los factores que influyen directamente en la productividad del proceso constructivo tradicional del proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022.
- Proponer alternativas de mejora basadas en la metodología VDC estimando el impacto sobre el tiempo de ejecución del casco estructural del proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022.

Con todo lo mencionado anteriormente, se tiene como hipótesis: El uso de la metodología Virtual Desing Construction en los procesos de construcción tradicional optimizaría el tiempo de ejecución del casco estructural de los módulos de vivienda del proyecto residencial oasis II, Sullana-Piura, 2022.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, se utilizará una estrategia de recolección de datos para analizar las variables planteadas para luego desarrollar una hipótesis, asimismo ponerlo a prueba a través de la medición numérica y el análisis estadístico.

Por un lado, el tipo de la presente investigación de acuerdo con el propósito es aplicada, porque su objetivo es emplear los nuevos conocimientos adquiridos, que dependen de las consecuencias y progreso de la investigación.

Por otro lado, el diseño de la investigación es de campo, porque su objetivo es identificar variables que aún no han sido medidas, además se recopilará la información a través de la toma de datos reales en el proyecto de estudio en base a métricas de desempeño e indicadores de rendimientos y costos, relacionados a las partidas de movimiento de tierras, acero, encofrado y concreto del proyecto en estudio.

En esa misma línea, el nivel de la presente investigación es descriptiva, porque se basa en analizar el área a estudiar, logrando calificar el fenómeno en particular, manera que puede ser de utilidad para investigaciones futuras.

Asimismo, la investigación presenta variables dependientes e independientes. La variable independiente es el uso de la metodología Virtual Design and Construction. Este concepto está representado por la gestión de personas y procesos, con la finalidad de lograr los

objetivos del proyecto o de la organización y mejorar el desempeño. (Building and Construction Authority, 2017)

Por otra parte, la variable dependiente es el tiempo de ejecución del casco estructural. Esta variable abarca el intervalo de tiempo destinado a la construcción de un conjunto de elementos estructurales que forman el esqueleto y brinda soporte a la vivienda (plateas, vigas de cimentación, placas y losa). En la tabla 1, se presenta la matriz de clasificación de las variables en la investigación.

Tabla 1
Matriz de clasificación de variables

Variables	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Variable 1 Uso de la metodología VDC	Independiente	Cuantitativa	Razón, nuevos soles y #		
Variable 2 Tiempo de ejecución del casco estructural	Dependiente	Cuantitativa	Razón, nuevos soles, horas y minutos	Multidimensional	Directa

Nota. Representa las características de cada variable de estudio ya sea dependiente o independiente

También esta investigación identifica a la población y muestra como “El Proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura 2022” y “Las partidas de movimiento de tierra, acero, encofrado y concreto para la construcción de un módulo” respectivamente. Asimismo, se

utilizó el muestreo no probabilístico. Se analizó a la población y se seleccionó la muestra en base a las partidas de la especialidad que presenten la mayor incidencia en cuanto al costo del proyecto.

Tabla 2

Incidencia en el costo de las partidas del proyecto Oasis.

PARTIDA	PRECIO	INCIDENCIA
Obras provisionales y trabajos preliminares	S/ 77,000.00	2.58%
Estructuras	S/ 1,697,988.45	56.83%
Movimiento de tierras	S/ 13,235.10	
Plataformas	S/ 205,051.14	
Acero	S/ 304,831.54	
Encofrado	S/ 485,732.17	
Concreto	S/ 689,138.50	
Arquitectura	S/ 820,868.06	27.48%
Instalaciones sanitarias	S/ 184,821.56	6.19%
Instalaciones eléctricas	S/ 206,914.40	6.93%
Total	S/ 2,987,592.47	100%

Nota. Representación del principal criterio para la elección de la muestra.

Las actividades de las especialidades de obras provisionales, estructuras, arquitectura, instalaciones sanitarias y eléctricas representan el 2.58%, 56.83%, 27.48%, 6.19% y 6.93% del costo directo total del proyecto respectivamente. Por consiguiente, la muestra seleccionada en base al criterio anteriormente mencionado resulta las partidas de la especialidad de estructura tales como: movimiento de tierras, plataformas, acero, encofrado y concreto.

Por otro lado, las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos fueron las siguientes:

Entrevista a expertos: Es una técnica orientada a establecer un diálogo directo con las personas ya sea de forma oral o personalizada que permite obtener información importante. La información se construye en torno a experiencias y aspectos subjetivos de la persona entrevistada. (Martínez et al., 2013). Mediante esta técnica se recopilará información de primera mano por parte de los encargados del proyecto sobre la situación actual del proyecto y los principales problemas surgidos en obra. También, a través de las entrevistas a los expertos se validará las propuestas de mejora planteadas para el proyecto.

Encuesta: Es una técnica de recolección de datos mediante la aplicación de un cuestionario con la intención de conseguir información de las personas encuestadas. Con esta técnica se evaluará la metodología de trabajo actual y VDC.

Observación pasiva: Es una técnica en el marco de que el investigador no se involucra con el fenómeno a estudiar. Se utilizará esta técnica para la evaluación de los trabajos productivos, contributorios y no contributorios de la mano de obra (cartas balances), también se estimará los rendimientos reales de los recursos del proyecto.

Diagramas de flujo: Este instrumento describe un proceso o sistema de manera gráfica. Se usan para documentar, estudiar, planificar, mejorar y representar procesos complejos en diagramas de fácil entendimiento utilizando imágenes y símbolos para su representación. En este caso se utilizará para el mapeo del proceso constructivo actual.

Cuadros comparativos: Es una herramienta gráfica que tiene como función comparar características de manera organizada entre dos o más conceptos. En este caso se utilizará para ordenar los datos en función de características diferentes.

Fichas de resumen: Es un documento que sirve para almacenar los datos principales referentes a un tema. En esta investigación se utilizará este instrumento para registrar los datos más importantes observados en campo y tenerlo organizado en resúmenes que abarquen la información relevante.

Asimismo, la validación de los instrumentos de recolección de datos lo realizaron los siguientes ingenieros:

Ing. Civil Marco Alexander Rodríguez Guevara con registro CIP 234487.

Ing. Civil Jonathan Delgado Rengifo con registro CIP 257692.

Por otro lado, el análisis de los datos se realizará mediante la técnica de la estadística descriptiva. Esta herramienta se aplica para caracterizar una serie de datos recopilados y posteriormente representarlos a través de tablas y gráficos para un mejor entendimiento.

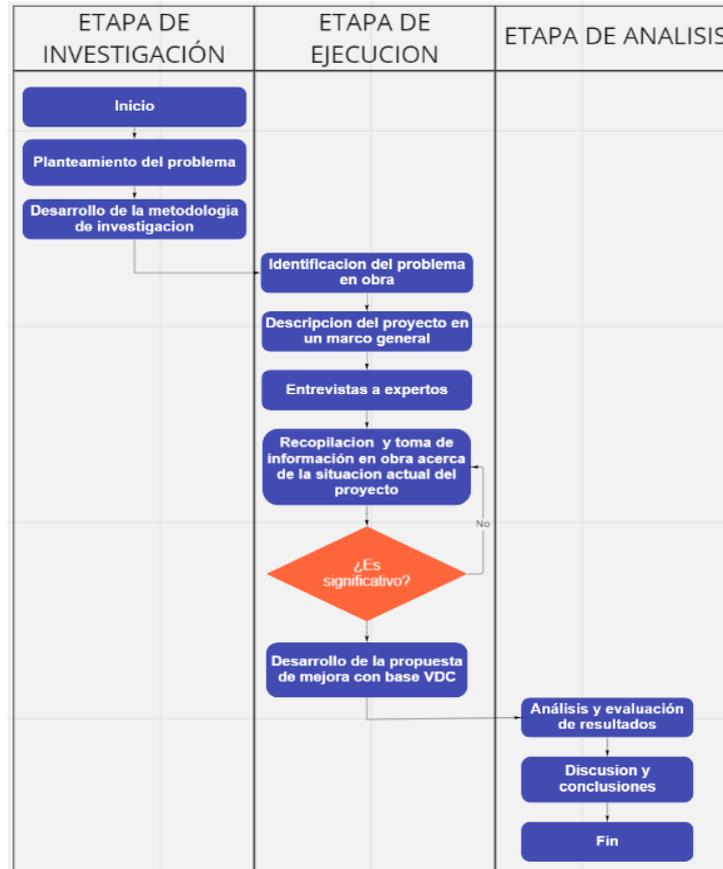
Con respecto al procedimiento de investigación, se siguieron diferentes pasos para llegar a la conclusión de la investigación (ver figura 5). A continuación, se presentan las 5 etapas que comprende la investigación:

- **Identificación del problema:** Se recopila la información de diferentes fuentes bibliográficas acerca de la problemática existente en la etapa de ejecución en proyectos de viviendas. La información es obtenida de diversas fuentes de datos confiables, tales como Google Académico, Science direct, Doaj, Dialnet, Scielo y Research GA. Se contrasta esta información en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura 2022.

- Descripción del proyecto: Se evalúa el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura 2022, en la etapa de ejecución. Asimismo, se describen los procesos, técnicas y procedimientos actualmente utilizados para la construcción del casco estructural de las viviendas. También, se establecerá vínculos con los profesionales encargados a fin de que nos compartan información en base a su experiencia en temas relacionados a nuestra investigación.
- Toma y procesamiento de datos: En primera instancia se tomarán datos en relación con los procesos constructivos. Por ejemplo: Rendimientos de la mano de obra y equipos, costos reales de las partidas, problemas en la etapa de construcción del casco estructural específicamente en las partidas de movimiento de tierra, acero, encofrado y concreto. Además, se realizarán las entrevistas a los expertos involucrados. Ante esto, se desarrollará la propuesta de valor con base a la metodología VDC como propósito a mejorar los procesos analizados con anterioridad.
- Análisis y evaluación de resultados: Se analizará y evaluará los resultados obtenidos.
- Discusiones y conclusiones: Por último, se formularán las conclusiones como respuesta a la pregunta y objetivos de la investigación.

Figura 5

Diagrama de flujo de la metodología de la investigación.



Nota. Procedimiento de trabajo abordado en la investigación según sus etapas

En la presente investigación se citó a todos los autores y respetando las fuentes de orígenes; asimismo, con ello se obtuvo la información relevante y necesaria para la investigación. Por consiguiente, se garantiza que no se ha cometido en ningún momento actos de plagio. Además, se aplicó el conjunto de normas establecidas del formato APA 7ma edición, que regulan el formato de la escritura; y asimismo permite lograr una presentación coherente.

Finalmente, en las tablas 2 y 3 se presenta la matriz de operacionalización de variables y la matriz de consistencia planteadas en la metodología de esta investigación.

Operacionalización de variables /Matriz de operacionalización de variables.

Tabla 3

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Independiente: Uso de la metodología VDC	Virtual Design and Construction es la gestión de personas y procesos, con la finalidad de lograr los objetivos del proyecto o de la organización y mejorar el desempeño. (Building and Construction Authority, 2017)	Se medirá en base a un control sobre las métricas de desempeño.	Efectividad de la metodología VDC	PAC, OCT, RUP, Costo de fallas, Participación del equipo en reuniones	Razón Nuevos soles #
Dependiente: Tiempo de ejecución del casco estructural	Intervalo de tiempo destinado a la construcción de un conjunto de elementos estructurales que forman el esqueleto y brinda soporte a la vivienda (plateas, vigas, placas y losa)	Mejorar el tiempo de ejecución, seleccionando las mejores alternativas.	Mano de obra Materiales Maquinarias y equipos. Procesos	Tipos de trabajo (TP, TC, TNC) Rendimientos Costo	Horas, minutos, razón y nuevos soles

Nota. Representa las características de operacionalización de cada variable ya sea dependiente o independiente.

Matriz de consistencia

Tabla 4

Matriz de consistencia

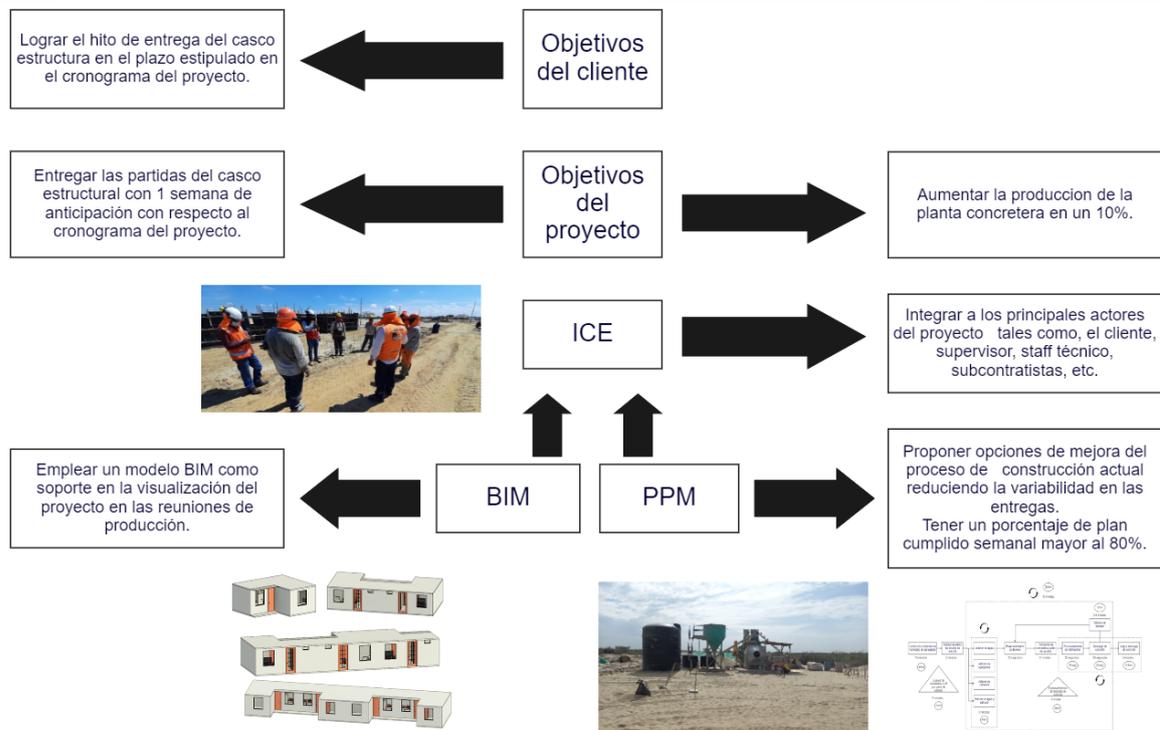
Título: “Propuesta de mejora para optimizar el tiempo de ejecución del casco estructural utilizando la metodología VDC en el proyecto residencial oasis II, Sullana-Piura,2022”						
Autor: Luis Enrique Rabanal Miñano						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Tipo de investigación	Población	
¿De qué manera se podría optimizar el tiempo de ejecución del casco estructural de los módulos de vivienda en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022?	<p>General: Desarrollar una propuesta de valor para la optimización del tiempo de ejecución del casco estructural de los módulos de vivienda integrando conceptos de la metodología VDC en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022.</p> <p>Específicos</p> <p>O.E.1. Analizar los antecedentes y la situación actual del proceso constructivo tradicional de viviendas en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022.</p> <p>O.E.2. Determinar los factores que influyen directamente en la productividad del proceso constructivo tradicional del proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022.</p> <p>O.E.3. Proponer alternativas de mejora basadas en la metodología VDC estimando el impacto sobre el tiempo de ejecución del casco estructural del proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022.</p>	<p>El uso de la metodología Virtual Desing Construction en los procesos de construcción tradicional optimizaría el tiempo de ejecución del casco estructural de los módulos de vivienda del proyecto residencial oasis II, Sullana-Piura, 2022</p>	<p>V1: Uso de la metodología VDC</p> <p>V2: Tiempo de ejecución del casco estructural</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada, de campo y descriptiva</p> <p>Diseño: De Campo</p> <p>Técnica:</p> <p>Entrevista, encuesta y observación.</p> <p>Instrumento:</p> <p>Diagrama de flujo</p> <p>Cuadros comparativos</p> <p>Fichas de resumen</p>	<p>Población:</p> <p>El Proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura 2022.</p> <p>Muestra:</p> <p>Las partidas de movimiento de tierra, acero, encofrado y concreto para la construcción de un módulo.</p>	

Nota. Representa un resumen sobre las características de la investigación.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Es así que para dar el resultado del objetivo general *“Desarrollar una propuesta de valor para la optimización del tiempo de ejecución del casco estructural de los módulos de vivienda integrando conceptos de la metodología VDC en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022”*, se muestra la figura 6 que representa el marco Virtual Design and Construction establecido en el proyecto Oasis para lograr el objetivo planteado.

Figura 6
Marco Virtual Design and Construction del proyecto Oasis



Nota. Descripción de objetivos de los componentes de la metodología Virtual Design and Construction en el marco de su implementación en el proyecto Oasis.

Interpretación de la figura 6, se muestra la descripción de los objetivos del cliente y del proyecto, cabe resaltar que estos objetivos deben estar alineados por naturaleza. Asimismo, se plasmaron los objetivos de los componentes ICE, BIM y PPM. Las métricas y factores

controlables ayudaron a medir los resultados posteriormente productos de las estrategias implementadas para alcanzar los objetivos.

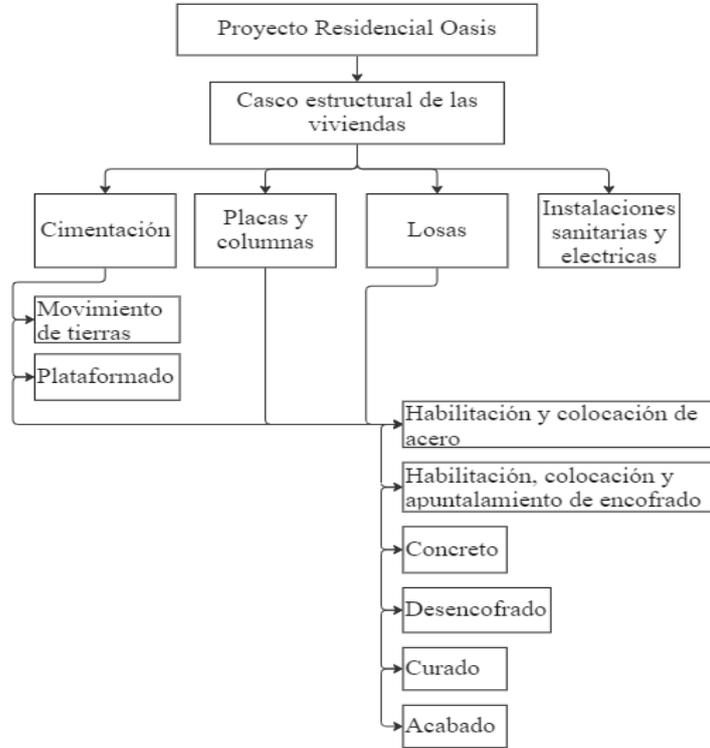
Con respecto a los resultados del objetivo específico *“Analizar los antecedentes y la situación actual del proceso constructivo tradicional de viviendas en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022”*, primeramente, se estableció un panorama general actual sobre el proceso constructivo tradicional y su productividad en el proyecto Residencial Oasis, tal como se describe en el siguiente ítem.

Análisis de la situación actual y productividad en obra

El proyecto en estudio “Residencial Oasis”, está ubicado en el departamento de Piura, provincia de Sullana. Este proyecto presenta un sistema estructural de muros de ductilidad limitada para el primer nivel, que usan como cimentación una platea con vigas de cimentación en el borde y en tramos interiores, para el segundo nivel se considera una albañilería confinada y un aligerado tradicional para el techo. En la figura 7, se muestra las partidas generales del casco estructural para la construcción de las viviendas.

Figura 7

Partidas referenciales del casco estructural de sótanos de una edificación.



Nota. La información obtenida sobre las partidas generales que componen el casco estructural de las viviendas del proyecto Oasis se plasmó en este esquema.

Interpretación de la figura 7, mediante la observación y toma de datos de las actividades en campo, se pudo identificar las diferentes partidas generales que comprendía el proyecto tales como, la partida de cimentación, placas y columnas, losas e instalaciones.

A continuación, se presentan algunos detalles sobre la productividad y el proceso constructivo del proyecto para la construcción los módulos de viviendas de acuerdo a cada partida.

Movimiento de tierras y plataformado

Primeramente, se realizó el replanteo para iniciar la excavación y la preparación del terreno para la cimentación en cada manzana del proyecto. Posterior a la excavación, el personal de topografía procede a determinar los puntos donde irán los niveles de subrasante y subbase granular en base a lo especificado en los planos. Luego, se realiza el relleno con material seleccionado (afirmado) y la compactación de la plataforma (ver figura 8).

Figura 8

Partidas de movimiento de tierras y plataformado.



Nota. Actividad de compactación a nivel de sub-base granular.

Interpretación de la figura 8, se observa la actividad de compactación a nivel de sub-base granular con el uso de un rodillo liso de 2 Tn. Asimismo, con esta actividad se deberá alcanzar valores de 95% y 100% a nivel de subrasante y sub-base granular respectivamente con respecto a la máxima densidad seca (MDS) en los ensayos de densidad de campo, todo esto como parte del mejoramiento del suelo arenoso que presenta este proyecto.

Habilitación y armado de acero

La actividad de habilitación comprende los dobleces y cortes que se le realiza a la varilla de acero según las dimensiones indicadas en el plano de despiece o de estructuras, asimismo dicho trabajo se realizó en punto central estratégico para reducir los tiempos de traslado del material hacia el punto de armado de acero.

Figura 9

Partida de acero de refuerzo $f'y$ 4200kg/cm²



Nota. Actividad de colocación y armado de acero de refuerzo en placas y columnas.

Interpretación de la figura 9, se observa el proceso de colocación y armado del acero en los muros estructurales de los módulos de viviendas. Esta actividad se realiza siguiendo las indicaciones detalladas en las especificaciones técnicas y en los planos de estructuras.

Encofrado y desencofrado

Este proyecto utiliza encofrados metálicos temporales para las vigas de cimentación en los bordes, placas y losas. Los recursos utilizados en esta partida son: 1 capataz, 2 carpinteros, 2 oficiales, 2 ayudantes, encofrado metálico (paneles de placa metálica, alineadores, espárragos y bolillos), puntales telescópicos y herramientas manuales. El tiempo de ejecución actual de esta actividad en muros estructurales por cada 4 módulos de vivienda según plano es de 8.5 horas incluido la actividad de desencofrado.

Vaciado de concreto

El vaciado de concreto en vigas y plateas de cimentación, placas, columnas y losas requiere previamente del suministro de concreto por parte de la planta de concreto instalado en obra, este proceso incluye el transporte del concreto desde el lugar de trabajo de la planta hasta el punto donde se requiera el concreto a través de 3 dumpers con capacidad de 0.5m³, asimismo los dumpers al llegar al punto de vaciado proceden con la descarga en cubetas para concreto y retornan a la zona de trabajo de la planta de concreto, además las cubetas de concreto son transportadas verticalmente y horizontalmente mediante un telehandler hacia punto de vaciado y bajo la dirección de un rigger en la maniobra, ello se muestra en la figura 10.

Figura 10

Vaciado de concreto de placas y columnas.



Nota. Actividad de vaciado de concreto en placas y columnas con equipos.

Interpretación de la figura 10, se muestra la ejemplificación de la actividad de vaciado de concreto lo cual representa la utilización de gran cantidad de recursos. Según la partida anteriormente mencionada, los recursos a utilizarse son: planta de concreto, 1 operador de planta más 1 ayudante de planta, 1 técnico de laboratorio, 3 dumpers con capacidad de 0.5m³, 1 telehandler, cuadrilla de concreto según el tipo de estructura, silos para concreto, fajas, 2 vibradoras de concreto y herramientas manuales. El tiempo de ejecución actual de esta actividad por cada elemento estructural de 4 módulos de vivienda ya sea cimentación, placas o losas tiene una duración de un jornal, es decir 8.5 horas.

Acabado

Posteriormente al vaciado de concreto de la platea de cimentación, se procede a brindarle un acabado al concreto.

Figura 11
Acabado de losa



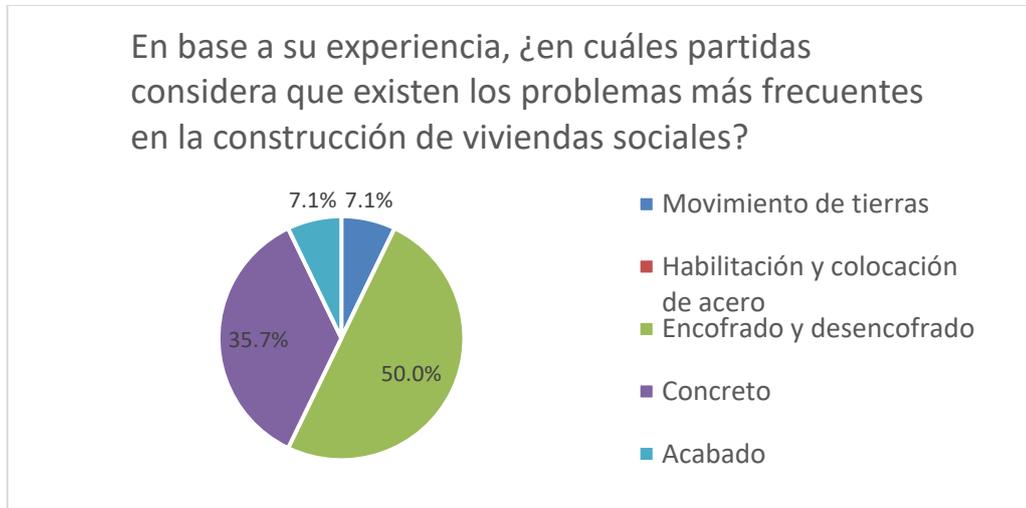
Nota. Actividad de acabado en losa con herramientas manuales y equipos.

Interpretación de la figura 11, se muestra el primer acabado que se le dan a las losas y plateas de cimentación, esta actividad consiste primeramente en brindar un acabado superficial a la estructura con reglas de aluminio una vez terminado el vaciado del concreto. Luego del acabado inicial, se procede con el acabado fino mediante una alisadora y herramientas manuales realizando movimientos circulares, además, esta actividad no requiere de adiciones de materiales complementarios. Esta actividad se culmina con la aplicación del curador de concreto sobre la superficie de la losa de concreto.

Por otro lado, como resultado del objetivo ***“Determinar los factores que influyen directamente en la productividad del proceso constructivo tradicional del proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022”***, se realizó una encuesta a los profesionales expertos sobre las partidas en donde existen los problemas más frecuentes en la construcción de viviendas sociales, tal como se muestra en la figura 12.

Figura 12

Resultados de la encuesta



Nota. Encuesta sobre las partidas más frecuentes a generar problemas en la construcción de viviendas sociales.

Interpretación de la figura 12, esta encuesta dio como resultado que el 50% considera que los mayores problemas del proceso constructivo derivan principalmente de la partida de encofrado y desencofrado, debido al excesivo tiempo de ejecución, el control de la planeidad, el control de la verticalidad, la generación de desperdicios, entre otros. Asimismo, el 35.7% se enfoca a la partida de concreto como otro de los principales problemas en este tipo de proyectos, este problema estaría ligado al riguroso control de calidad del concreto en obra, flujos constantes de producción de la planta concretera, entre otros.

A razón de los motivos mencionados anteriormente, se decidió aplicar la metodología VDC para solucionar los problemas presentes, mejorar la producción en obra y reducir los tiempos de ejecución del casco en el proyecto.

Figura 13
Cronograma de ejecución de obra

CRONOGRAMA MAESTRO DE EJECUCION DE OBRA - OASIS DE SULLANA																							
DESCRIPCION DE PARTIDAS A EJECUTAR	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13	SEMANA 14	SEMANA 15	SEMANA 16	SEMANA 17	SEMANA 18	SEMANA 19	SEMANA 20	SEMANA 21	SEMANA 22	
ESTRUCTURAS																							
OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES																							
ALMACEN - COMEDOR - VESTIDORES																							
HABILITACIÓN DE SUMINISTRO DE ENERGIA Y AGUA PARA LA OBRA																							
VIGILANCIA - MANTENIMIENTO - LIMPIEZA																							
TRAZO - REPLANTEO																							
PLATAFORMAS																							
CORTE MASIVO																							
RELLENO COMPACTADO EN CAPAS SEGÚN EMS																							
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE																							
ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE AL 95%																							
PLATAFORMA DE AFIRMADO E=20CM																							
MOVIMIENTO DE TIERRAS																							
EXCAVACION PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN																							
RELLENO Y COMPACTACION MANUAL																							
ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE A PUNTO DE ACOPIO																							
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE																							
ENCOFRADO																							
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA VIGAS DE CIMENTACION																							
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METALICO EN PLACAS																							
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METALICO EN LOSAS																							
ACERO																							
ACERO DE REFUERZO PARA PLATEAS Y VIGAS DE CIMENTACION																							
ACERO DE REFUERZO PARA PLACAS																							
ACERO DE REFUERZO PARA LOSAS																							
CONCRETO																							
CONCRETO PARA PLATEAS Y VIGAS DE CIMENTACION FC= 175 KG/CM2																							
CONCRETO PARA PLACAS FC= 175 KG/CM2																							
CONCRETO PARA LOSAS FC= 175 KG/CM2																							
CONCRETO PARA PISO EN PATIO FC=140 KG/CM2 - PULIDO																							

Nota. Cronograma maestro del proyecto Oasis, delimitado en la etapa de casco estructural.

Interpretación de la figura 13, se muestra el cronograma inicial del proyecto con relación a las partidas del casco estructural. Actualmente, se estima una duración de 14 semanas para la culminación de esta etapa.

Finalmente, para dar el resultado del objetivo específico **“Proponer alternativas de mejora basadas en la metodología VDC estimando el impacto sobre el tiempo de ejecución del casco estructural del proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022”**, se muestran en

los siguientes ítems las diversas propuestas desarrolladas en base a los componentes de la metodología Virtual Design and Construction, tales como ICE, BIM y PPM. Además, se presentan los resultados de las métricas de desempeño y factores controlables de cada uno de los componentes del marco VDC, logrando conseguir los objetivos planteados y superar significativamente las metas planteadas. A continuación, se presenta el desarrollo de las propuestas de mejora producto de la aplicación de la metodología VDC.

Integrated concurrent engineering (ICE)

Para la aplicación de la metodología se requirió el compromiso y colaboración de los Stakeholders, por ello la primera sesión ICE fue una actividad clave para el éxito del proyecto, en esta sesión se pudo explicar cada componente del marco Virtual Design and Construction.

Tabla 5
Cronograma de sesiones ICE

Sesión ICE	Semana 7 13/10/2022	Semana 8 20/10/2022	Semana 9 27/10/2022	Semana 10 03/11/2022
1ra sesión				
2da sesión				
3ra sesión				
4ta sesión				

Nota. Las fechas de las sesiones ICE se plasmaron en base a un acuerdo con todos los stakeholders del proyecto.

Interpretación de la tabla 4, se muestra la programación de las sesiones ICE semanales en las cuales desarrollaran temas relacionados a la producción y buscaran solucionar los problemas que surgen en el transcurso del proyecto.

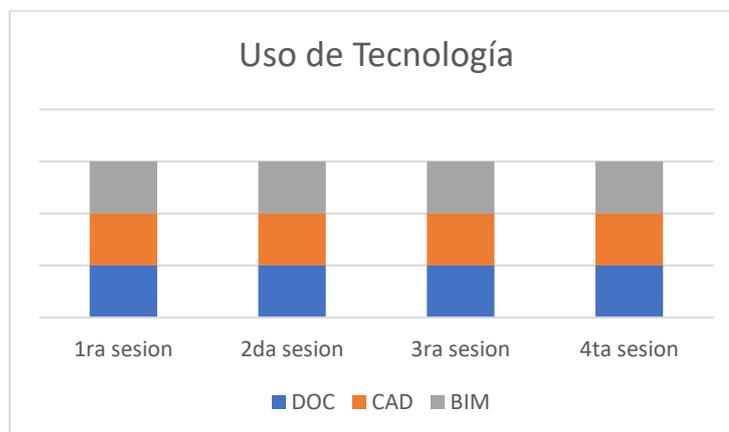
Tabla 6
Descripción detallada de la aplicación de ICE

ICE	Objetivo	Métrica	Meta
Métricas de producción	Cumplir con la agenda de la sesión semanal de producción.	<i>Tecnología = Doc, Cad, Bim</i>	BIM
Factores Controlables	Integrar a los principales actores del proyecto tales como, el cliente, supervisor, staff técnico, subcontratistas, etc.	<i>%Asistencia de involucrados en sesiones</i>	<i>%Asistencia $\geq 80\%$</i>

Nota. En el encabezado de las columnas se indican los objetivos que deberá cumplir la aplicación de ICE, la métrica con la cual será medido y la meta a lograr, tanto para las métricas y factores controlables.

Interpretación de la tabla 5, se muestran detalladamente una matriz del alcance de los objetivos producto de la aplicación de las sesiones ICE, las métricas, los factores controlables y las metas que se deberá lograr con una correcta implementación.

Figura 14
Resultado de la métrica Tecnología

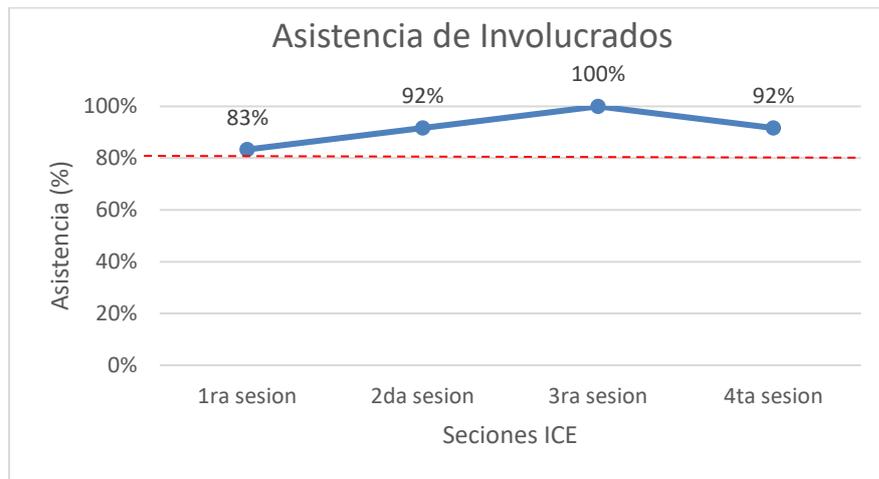


Nota. Gráfico de barras según la tecnología alcanzada en cada sesión ICE

Interpretación de la figura 14, se muestra el uso de la tecnología BIM en todas las sesiones ICE programadas, es decir, se empleó modelado BIM para dar soporte a la visualización del proyecto de viviendas en las sesiones ICE, además se siguió utilizando e integrando la información CAD y los archivos de los documentos.

Figura 15

Resultado del factor controlable Asistencia de involucrados



Nota. Gráfico que representa el grado compromiso alcanzado por los stakeholders con relación a la participación en las reuniones colaborativas ICE. La meta es del 80% de asistencia.

Interpretación de la figura 15, se presenta los resultados de la métrica vinculada a los factores controlables tal como la asistencia de los involucrados del proyecto, este valor se mantuvo relativamente constante en las sesiones, en consecuencia, se logró superar la meta establecida del 80% de asistencia en todas las sesiones.

Las sesiones ICE continuamente permitieron con el apoyo de todos los involucrados identificar oportunidades de mejoras, generar compromisos y agilizar la toma de decisiones reduciendo así la latencia de respuesta e información. Las sesiones ICE no solamente son

reuniones realizadas en oficinas, también se pueden realizar en campo con los involucrados del proyecto manteniendo siempre los conceptos esenciales de colaboración, u

Figura 16

Reuniones diarias en campo



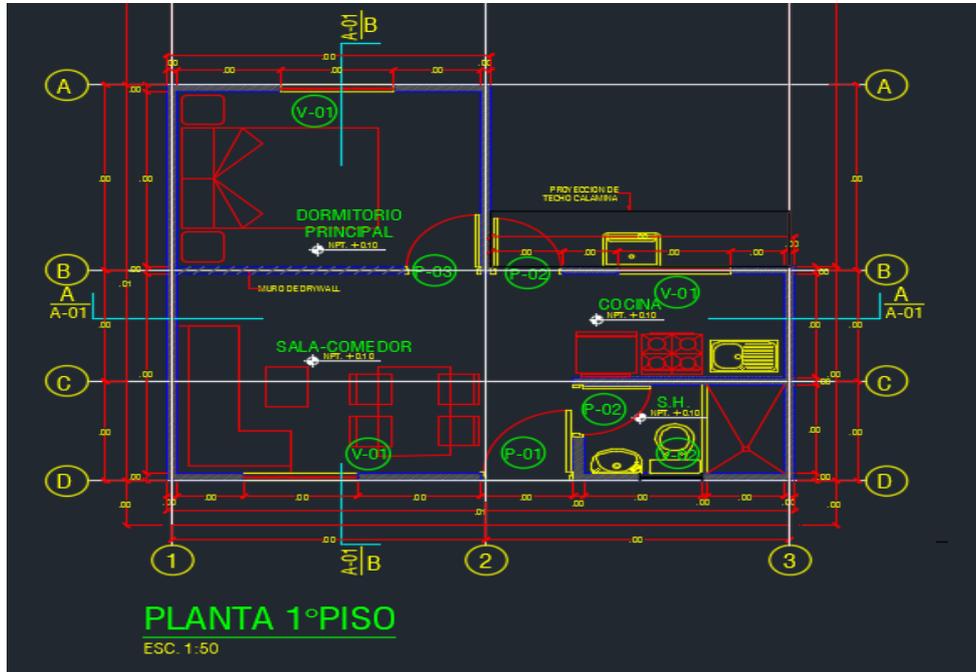
Nota. Representación de una sesión ICE en campo

Interpretación de la figura 16, se muestra una ejemplificación de una reunión ICE en campo, esta actividad permitió generar compromisos con la supervisión, contratista y capataces de las diferentes cuadrillas.

Building Information Modeling (BIM)

La utilización del software Revit como parte de las herramientas BIM en el modelamiento influyó para la obtención de un mayor entendimiento visual sobre la construcción y detalles de las viviendas del proyecto, debido a que mediante el uso de esta herramienta se pudo mostrar la vista 3D de ingeniería estructural con la de arquitectura en un solo modelo. La figura 17, representa el modelo tradicional utilizado en el proyecto lo cual muestra de manera básica los planos de planta y elevaciones en CAD.

Figura 17
Vista en planta del 1er piso del unimódulo



Nota. Representación del plano en planta del 1er piso de un unimódulo. Tomado del Expediente técnico Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022.

Interpretación de la figura 17, representa el modelo tradicional utilizado en el proyecto lo cual muestra de manera básica los planos de planta y elevaciones en CAD.

Tabla 7
Descripción detallada de la aplicación de BIM

BIM	Objetivo	Métrica	Meta
Métricas de producción	Emplear un modelo BIM como soporte en la visualización del proyecto en las reuniones de producción.	$\%R. BIM = \frac{R. con BIM}{R. totales}$	100%
Factores Controlables	Habilitar visualizaciones del modelo BIM para todos los stakeholders principales	Número de vistas disponibles	>2

Nota. En el encabezado de las columnas se indican los objetivos que deberá cumplir la aplicación de BIM, la métrica con la cual será medido y la meta a lograr, tanto para las métricas y factores controlables.

Interpretación de la tabla 6, se muestran detalladamente una matriz del alcance de los objetivos producto de la aplicación de BIM, las métricas, los factores controlables y las metas que se deberá lograr con una adecuada implementación.

Figura 18

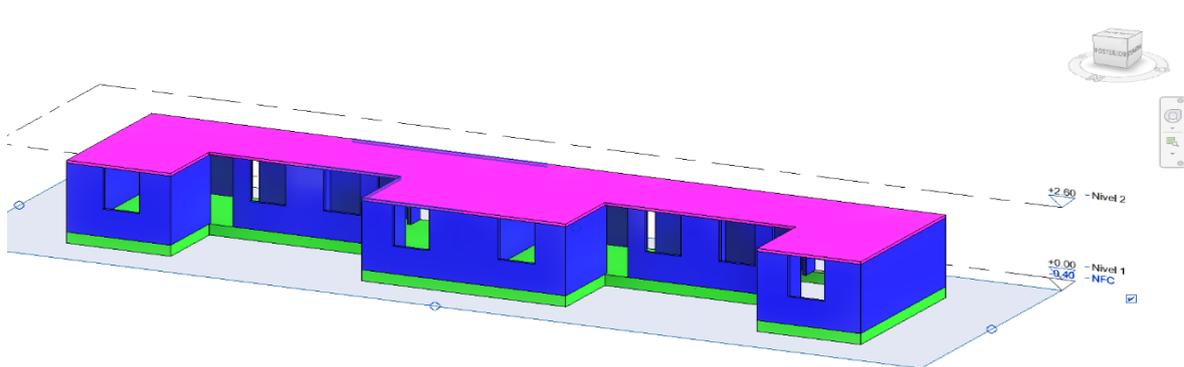
Vista en 3D de los módulos de viviendas en el proyecto.



Nota. Modelo 3D de arquitectura del unimódulo, bimódulo, trimódulo y tetramódulo de las viviendas.

Figura 19

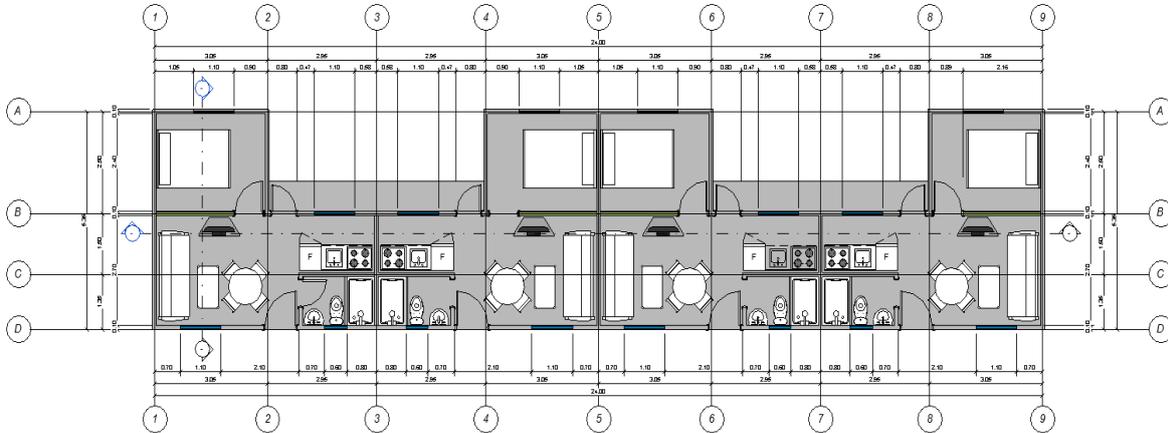
Vista 3D de estructuras de concretos clasificados en cimentación, placas y losa.



Nota. Modelo 3D de estructuras de concreto del tetramódulo según cimentación, placas, columnas, y losas.

Figura 20

Vista en planta de un tetramódulo de vivienda.



Nota. Modelo 3D de estructuras de concreto del tetramódulo según cimentación, placas, columnas, y losas.

Interpretación de la figura 18, 19 y 20, representan las características proporcionadas de un modelo virtual en 3D, tales como un modelo 3D de arquitectura, modelo 3D de estructuras por etapas y un plano en planta respectivamente. Este modelo contribuyó positivamente a la hora de realizar la programación diaria, semanal y mensual con los stakeholders. En el 100% de las reuniones se usó BIM como herramienta para presentar diversas vistas 2D y el modelo de las viviendas en 3D, lo cual permitió una mayor visualización al equipo de proyecto para programar las actividades e identificar problemas, la agilización en la toma de decisiones producto de visualizar en el modelo las modificaciones que surgían, resolver las incompatibilidades entre planos de diversas especialidades, entre otros.

Project Production Management (PPM)

De la misma manera que los demás componentes del marco VDC, resulta importante detallar una matriz del alcance de los objetivos producto de la aplicación de PPM.

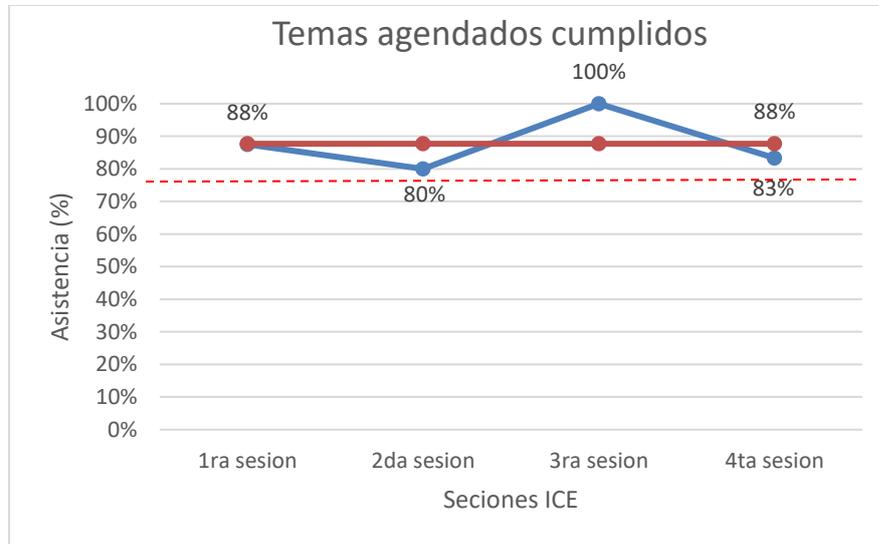
Tabla 8
Descripción detallada de la aplicación de PPM

PPM	Objetivo	Métrica	Meta
Métricas de producción	Proponer opciones de mejora del proceso de construcción actual reduciendo la variabilidad en las entregas. Tener un porcentaje de plan cumplido semanal mayor al 80%	$%TAC = \frac{T. desarrollado}{T. agendado}$	TAC ≥ 75%
		$PPC = \frac{A. cumplidas}{A. totales}$	PPC > 80%
		$\#Propuestas = \frac{P. viable}{P. mejora}$	≥ 0.50
Factores Controlables	Desarrollar sesiones semanales y diarias de producción. Implementar lookahead planning, análisis de restricciones, causa raíz, cartas balances, entre otros.	Frecuencia	Diarias y semanales

Nota. En el encabezado de las columnas se indican los objetivos que deberá cumplir la aplicación de PPM, la métrica con la cual será medido y la meta a lograr, tanto para las métricas y factores controlables.

Interpretación de la tabla 7, se muestra el planteamiento de los objetivos, métricas y factores controlables en el concepto de la gestión de la producción del proyecto.

Figura 21
Resultado de la métrica TAC



Nota. El grafico representa el porcentaje de asistencia de involucrados vs sesiones ICE.

Interpretación de la figura 21, se muestra el resultado de la métrica del porcentaje de tareas de agendas cumplidas (TAC), como se observa en la figura, se obtuvo un TAC promedio del 88% superando a la meta establecida del 75%, esto es debido al cumplimiento de los temas programados en las sesiones semanales de producción.

Por otro lado, se usó la metodología Last Planner System como apoyo para la programación en obra, identificar las restricciones, analizar las causas raíz de incumplimiento, entre otros, con la finalidad de reducir la variabilidad del proyecto.

Interpretación de la figura 22, se muestra el lookahead planning abordado en el transcurso de las semanas en el proyecto. Este cronograma representa una programación de 4 semanas de las actividades a realizarse en ese transcurso de tiempo. Esta herramienta permitió identificar restricciones de manera anticipada a la ejecución de las actividades programados logrando garantizar un flujo constante de los trabajos. Además, si existieran restricciones en la programación se asignan responsables para realizar el levantamiento de estas en un plazo determinado.

Asimismo, se identificaron 9 restricciones en la sesión correspondiente a la semana 10. Estas restricciones abarcan las necesidades actuales y futuras que presenta el proyecto para lograr una correcta ejecución de las actividades programadas sin imprevistos.

Figura 23
Análisis de restricciones y recursos

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES / RECURSOS							
NOMBRE DE PROYECTO:			PROPIETARIO:		FECHA:		
Proyecto de vivienda social Residencial Oasis de Sullana			Empresa inmobiliaria Desarrolladora del Norte SAC		07-nov-22		
			UBICACION:		N° HOJA		2
Código	Und	Metrado	Actividad	Fecha que se debe realizar la actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida en Obra	Responsable
1	und	10.00	Restricción 1	03-nov-22	Llegada de sistemas	07-nov-22	Residente
2	m3	100.00	Restricción 2	04-nov-22	Llegada de material de afirmado a obra	07-nov-22	Residente
3	glb	1.00	Restricción 3	31-oct-22	Planos de modulación del encofrado	01-nov-22	Producción
4	glb	1.00	Restricción 4	01-nov-22	Liberación de topografía de plataforma	02-nov-22	Topógrafo
5	und	1.00	Restricción 5	05-nov-22	Compra de faja de reposito	07-nov-22	Administrador
6	glb	1.00	Restricción 6	01-nov-22	Instalación de protección colectiva en techos	02-nov-22	Maestro/PDR
7	glb	1.00	Restricción 7	05-nov-22	Diseño de mezcla para piso en patio	11-nov-22	Calidad/Laboratorio
8	und	40.00	Restricción 8	02-nov-22	Compra de codos 90° de 1/2"	04-nov-22	Administrador
9	glb	1.00	Restricción 9	05-nov-22	Calibración de equipos para prueba hidráulica	07-nov-22	Calidad

Nota. El gráfico representa a las restricciones identificadas en la semana 10 según el lookahead planning.

Interpretación de la figura 23, se muestra las restricciones detalladas correspondiente a la semana 10, las fechas del levantamiento de restricciones, las fechas en los cuales los recursos son requeridas en obra y los responsables del levantamiento de cada restricción.

Interpretación de la figura 25, se muestra las causas de no cumplimiento acumuladas y clasificado según tipología desde la semana 7 hasta la semana 10. Estas tipologías pueden ser:

Programación (PROG)

Son todas las causas que implican: Errores o cambios en la programación, falta de conocimientos para la aplicación de las herramientas de programación, inadecuado manejo de recursos o cualquier restricción que no fue identificada de manera oportuna.

Logística (LOG)

Son todas las causas que implican: Falta de equipos, herramientas o materiales en obra, que han sido requeridos oportunamente por producción.

Control de calidad (QA/QC)

Son todas las causas que implican: La entrega oportuna de información a producción (planos, procedimientos, etc), Se realiza el seguimiento a los cambios o inconformidades en la ingeniería durante el desarrollo de las actividades del Plan Semanal.

Externos (EXT)

Son todas las causas que implican: Retrasos por razones climáticas extraordinarias, eventos extraordinarios como marchas sindicales sin previo aviso, huelgas, accidentes, etc.

Cliente/Supervisión (CLI)

Son todas las causas que implican: Responsabilidad del Cliente (Falta de información, cambio de prioridades, cambios o errores en la ingeniería, falta de liberación de estructuras, etc).

Errores de ejecución (EJEC)

Se consideran las causas que corresponden a atrasos debido a la ejecución repetida de los trabajos en el proceso constructivo, es decir que por errores de ejecución no se pudieron cumplir el cronograma o el plan de ejecución.

Subcontratas (SC)

En esta tipología se consideran todas las causas de incumplimiento relacionadas a la falla en la entrega de algún recurso subcontratado o al atraso debido al no cumplimiento de alguna labor encargada a una subcontrata.

Equipos (EQ)

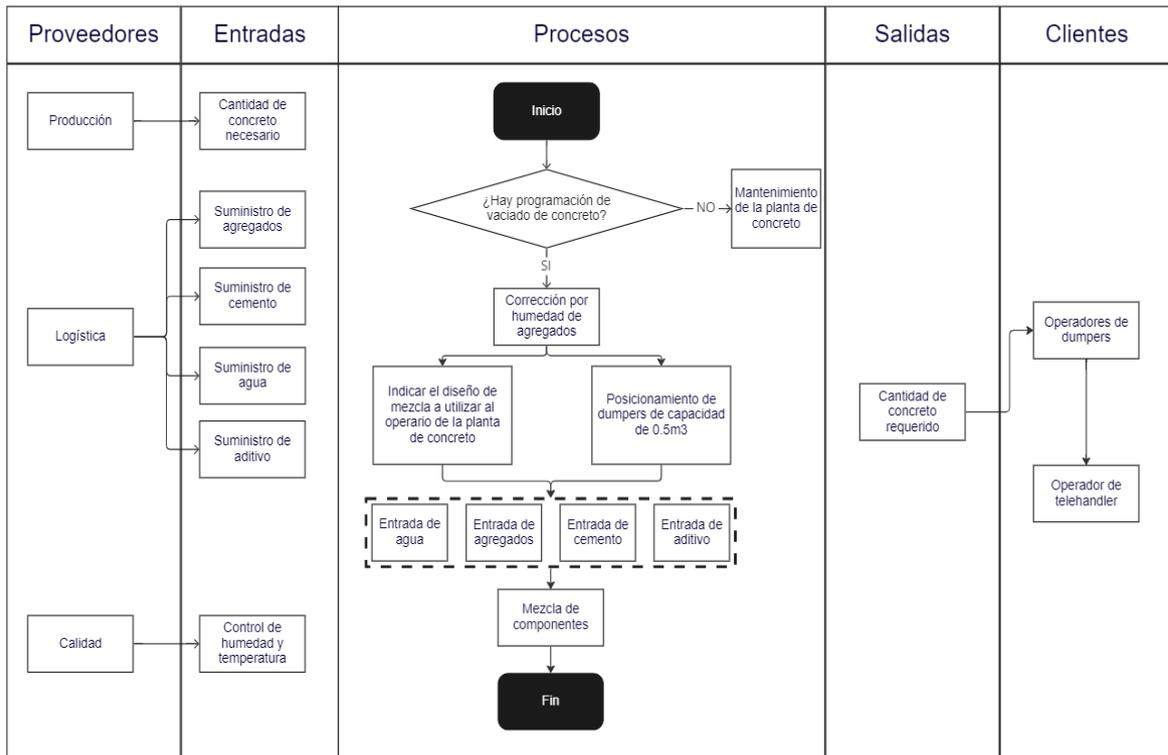
Son todas las causas que implican averías o fallas en los equipos que no permitieron el cumplimiento de las actividades del plan semanal. También, están incluidos los mantenimientos no programados de equipos.

Administrativos (ADM)

Son todas las causas que implican: La falta de asistencia del personal especializado (incluidos subcontratos), falta de permisos y licencias.

Con respecto a la métrica del número de propuestas, se plantearon diversas alternativas para mejorar la producción de la obra principalmente en la partida de concreto.

Figura 26
Diagrama SIPOC del proceso de vaciado de concreto



Nota. Las columnas del grafico presenta los proveedores, las entradas, el proceso, las salidas y los clientes en el marco del proceso de producción y transporte del concreto en obra.

Interpretación de la figura 26, se muestra el diagrama SIPOC en el cual se plasma las fases y las características del proceso de producción de concreto en planta. El diagrama SIPOC permitió conocer los componentes del proceso actual que se tiene del concreto en obra, tales como los proveedores, las entradas, los procesos, las salidas y los clientes. Los proveedores son: el área de producción es el encargado de realizar los requerimientos de volumen de concreto a utilizar según su programación, el área de logística permite el abastecimiento oportuno sobre la cantidad necesaria de insumos para la fabricación del concreto en planta,

y calidad se encarga de verificar y controlar a través de ensayos de laboratorio el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales e insumos para la fabricación de concreto. El proceso de fabricación de concreto se realiza mediante una planta de concreto semiautomática de capacidad de 0.50m³ por ciclo. La salida representa la cantidad requerida de concreto solicitado. Finalmente, los clientes son los encargados de transportar y colocar el concreto en la estructura.

Las propuestas planteadas por el equipo de proyecto son las siguientes:

Propuestas aceptadas

- Contratación de 2 ayudantes en planta: Permite el apoyo al operador de la planta de concreto en la colocación de los insumos, lo cual reproduce en la agilización de la producción de concreto.
- Alimentación de cemento a la planta 1 hora antes del inicio de su operación.
- Riguroso control de la cantidad y calidad de agregados ingresados a obra.
- Compra de densímetro nuclear: Permite la agilización en la liberación del terreno a nivel de subrasante y subbase, asimismo se evita la dependencia de personal exterior o subcontratista.
- Registros de producción de planta: Permite obtener reportes diarios de la producción de la planta de concreto, con la finalidad de identificar los cuellos de botella y controlar los tiempos de espera entre cada ciclo de producción de concreto.
- Desarrollo de planes de contingencia en caso de que la planta de concreto se detenga.

- Implementación de Last Planner Sistem en el área de producción.
- Implementación de la metodología Virtual Design and Construction.

Propuestas en evaluación

- Utilización de concreto lanzado para muros estructurales: Permite el ahorro en mano de obra, mejoramiento del acabado superficial, optimización de recursos, entre otros.
- Utilización de encofrado permanente.

Propuestas a mediano o largo plazo

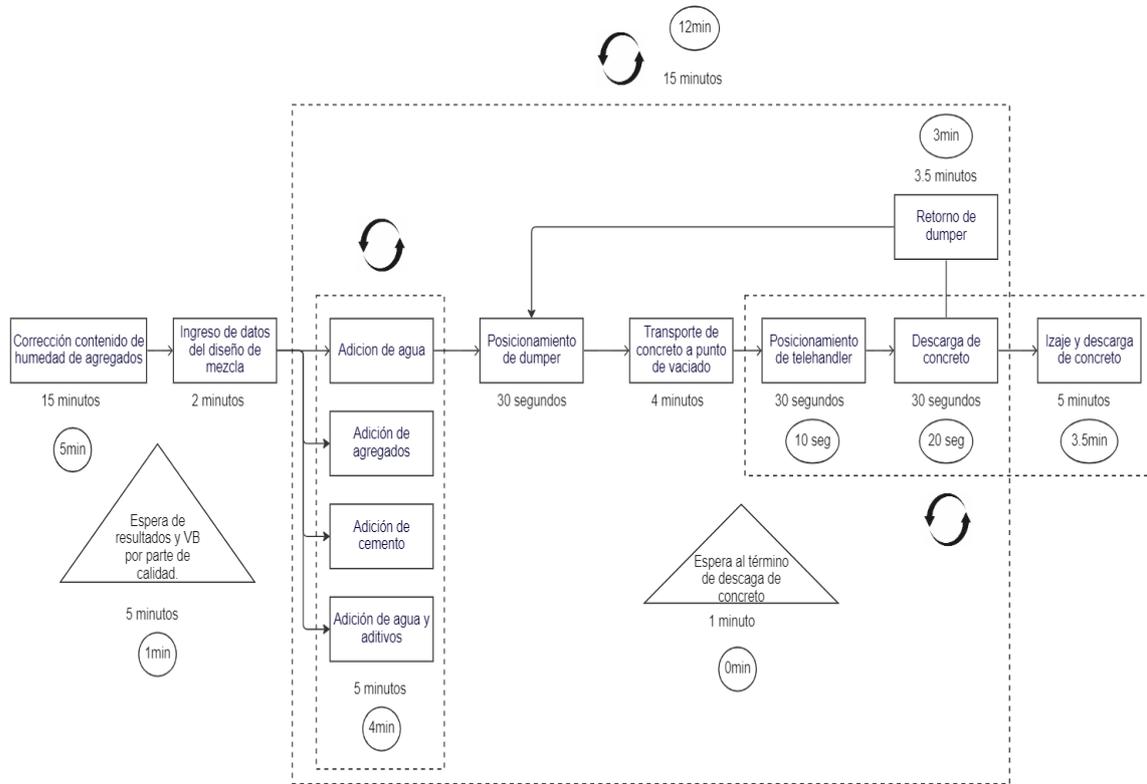
- Ampliación de la capacidad de la planta de concreto.
- Uso de prefabricados en módulos de viviendas.
- Implementación de la metodología VDC en etapas tempranas del proyecto.
- Implementar sistemas integrados de gestión.

Como resultado, se obtuvo 14 propuestas de mejoras entre los cuales el 57 % de propuestas fueron aceptadas superando así a la meta del 50%, el 14% se encuentra en evaluación y el 29% se proyecta a considerarlo en un mediano a largo plazo.

Las propuestas de mejora dieron como resultado la reducción de los inventarios, la optimización de tiempos destinados al control de calidad, mezclado de concreto, transporte y posicionamiento de maquinarias. Las mejoras implementadas en cada parte del proceso de

fabricación, transporte y colocación de concreto conllevaron a incrementar la velocidad de producción de concreto de 6m³/h a 7.5m³/h.

Figura 27
Mapeo del proceso de producción de concreto.



Nota. Las columnas del grafico presenta los proveedores, las entradas, el proceso, las salidas y los clientes en el marco del proceso de producción y transporte del concreto en obra.

Interpretación de la figura 27, muestra el mapeo de proceso de producción de concreto con tiempos estimados iniciales que duraba cada actividad y los tiempos finales después de la implementación de las propuestas de mejora desde su fase inicial de control de calidad hasta la descarga de concreto en la estructura. Cabe mencionar que los rectángulos, triángulos y círculos representan las actividades, inventarios y tiempos optimizados respectivamente.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En base al resultado general de la investigación, se muestra el marco de la propuesta de implementación de la metodología Virtual Design and Construction en el proyecto Oasis basados en el uso de ICE, BIM y PPM alineados a los objetivos del cliente y del proyecto, y medidos mediante las métricas de desempeño y factores controlables, antecediendo al objetivo general *“Desarrollar una propuesta de valor para la optimización del tiempo de ejecución del casco estructural de los módulos de vivienda integrando conceptos de la metodología VDC en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022”*, se corrobora la información de la investigación obtenida producto de la aplicación de la metodología Virtual Design and Construction en el proyecto Oasis, asimismo, esto guarda relación con la investigación de autores tales como Fosser, Ballard & Fischer (2017). En el caso de estudio del proyecto del complejo Gjønneshagen en Noruega, se utilizaron varios elementos del marco VDC para lograr la entrega de edificios en el plazo estipulado inicialmente. Entre las herramientas del marco VDC destacan el uso de Last Planner System y las sesiones colaborativas de ingeniería concurrente (ICE). Como resultado de plasmar un marco VDC en el proyecto, se mejoró la planificación del proyecto y la integración de productos y procesos. En consecuencia, se logró cumplir con los objetivos propuestos y entregar a tiempo los edificios en un plazo menor de seis meses según el cronograma del complejo de Gjønneshagen.

Del resultado sobre establecer un panorama general actual sobre el proceso constructivo tradicional y su productividad en el proyecto Residencial Oasis, antecediendo al objetivo *“Analizar los antecedentes y la situación actual del proceso constructivo tradicional de*

viviendas en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022”, se encontró una diferencia con la investigación del autor Balarezo (2019). En su investigación, se evalúa la situación actual del sector construcción y analiza el cambio producto de la implementación de las nuevas metodologías y tecnologías enfocadas en mejorar la producción. Por ejemplo, se identificó los problemas relacionados con el sistema de construcción tradicional tales como, el incumplimiento de los plazos y la restricción horaria; también, se evidenció que el sistema de prefabricados en comparación con el sistema tradicional presenta una mayor productividad de ejecución debido a la eliminación de actividades relacionadas a los inventarios y acabados, por ende, la mejora de los procesos constructivos se encuentran ligados a un cambio radical en la tecnología de materiales. En resumen, no solamente se debería enfocar en el cambio en la metodología de trabajo en un proyecto, sino también, se debe acompañar con el uso de la tecnología de los materiales ya que esto permitirá solucionar los problemas relacionados a baja productividad y reducir los tiempos de entrega en los proyectos. (Balarezo, 2019).

En relación con el principal problema del proyecto, se obtuvo un resultado del 50% de los profesionales encuestados considera que los mayores problemas derivan principalmente de la partida de encofrado, debido al excesivo tiempo de ejecución, el control de la planeidad, la generación de desperdicios, entre otros, y el 35.7% que se enfoca a la partida de concreto como otro de los principales problemas debido al riguroso control de calidad del concreto en obra y flujos constantes de producción de la planta concretera en este tipo de proyectos, antecedido al objetivo *“Determinar los factores que influyen directamente en la productividad del proceso constructivo tradicional del proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022”*, se corrobora la información de la investigación del autor Quiso,

Rivera, & Farje (2021) encontrando similitudes en los resultados con el proyecto Oasis. En su estudio definen a los problemas que aborda el sector construcción. El principal problema en 10 proyectos de edificaciones fue la baja productividad ligada a la causa de la falta de inversión en digitalización e innovación, mala comunicación entre el equipo del proyecto y la complejidad de los proyectos.

Del resultado sobre el impacto de las sesiones ICE entre todos los involucrados del proyecto, la implementación del modelo BIM basado en los 4 tipos de módulos de vivienda, la optimización del ciclo del proceso de producción de concreto mediante PPM y la reducción del plazo de ejecución del casco estructural en un 17%, antecedendo al objetivo *“Proponer alternativas de mejora basadas en la metodología VDC estimando el impacto sobre el tiempo de ejecución del casco estructural del proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022”*, se corrobora la información en similitud a los resultados de la investigación del autor Vidal Quincot (2020). En el proyecto “Centro de Bienestar Universitario” de la Universidad de Lima, se implementó diversos componentes del marco VDC para distintos aspectos del proyecto, entre los cuales destaca la aplicación de la gestión de la producción de proyectos. El objetivo de la implementación VDC fue reducir el tiempo de ingreso y salida de los mixers. Ante esto, se implementaron sesiones ICE para eliminar interferencias y generar propuestas de solución para contrarrestar el bajo rendimiento del transporte de mixers. También, se usó BIM como herramienta basada en una nube de puntos con la finalidad de obtener periódicamente la información del campo y sus restricciones en cuanto a los accesos. Por último, el componente PPM ayudó a mapear todo el proceso de producción de cada mixer. En consecuencia, se obtuvo una reducción del tiempo del flujo vehicular de las hormigoneras en un 30%. De la misma manera, Tuesta et al, 2022 en su estudio realizado al

proyecto “Puente Ovalo Monitor” ubicado en Lima, se implementó la metodología VDC teniendo como objetivo reducir el tiempo de ejecución de los elementos estructurales. La implementación del VDC se centró en proceso de industrialización de elementos prefabricados tales como zapatas, columnas y vigas mediante el diseño, construcción, montaje e instalación de elementos prefabricados. Se realizaron sesiones ICE con los involucrados del proyecto para agilizar el proceso de entrega de los prefabricados. Se usó BIM para visualizar los elementos preensamblados. Como resultado, se logró un ahorro del 31% del tiempo de construcción de los elementos estructurales del puente. (Tuesta et al., 2022).

En síntesis, los diversos proyectos que han implementado los conceptos y principios de VDC presentaron diversos beneficios en cuanto a la reducción tiempo de ejecución en comparación a una gestión tradicional, tal como en el proyecto Oasis. Por lo tanto, se puede esperar que esta metodología se encuentre evolucionando en el sector construcción abarcando diferentes tipos de proyectos y brindando mejores resultados ya que los principios y los conceptos centrales del marco VDC son constantes en cualquier tipo de proyecto.

Por consiguiente, se comprueba la hipótesis del uso de la metodología Virtual Design Construction en los procesos de construcción tradicional optimizan los tiempos de ejecución del casco estructural de los módulos de vivienda del proyecto Oasis.

Esta investigación presentó variadas limitaciones; una de las primeras fue las escasas investigaciones relacionadas a la implementación de la metodología VDC en proyectos de viviendas sociales, esto implicó a tomar como referencia estudios relacionados a la aplicación de la metodología VDC en proyectos viales y de edificaciones puesto que

comparten el mismo marco conceptual y aplicativo. Asimismo, otra limitación fue la falta de conocimiento de la metodología VDC por parte de profesionales encargados del proyecto Oasis que conllevó a exponer al equipo de proyecto sobre los beneficios de esta metodología y a la incentivar el desarrollo de la propuesta de la investigación. Finalmente, una última limitación se presentó en la búsqueda de información relevante sobre la metodología VDC ya que la mayoría de información tales como, artículos científicos, conferencias, entre otros, se encuentra en el idioma, por ello se requirió capacitación para lograr un manejo del idioma inglés a un nivel intermedio-avanzado.

Las implicaciones teóricas de la presente investigación han permitido realizar un análisis de la literatura y situación actual de la metodología VDC aplicado a proyectos de construcción, lo cual ha pretendido abordar la problemática de la baja producción en la construcción de proyectos sociales. Asimismo, ha permitido analizar la aplicación de la metodología VDC según los parámetros de los objetivos, métricas de desempeño y factores controlables extraídos de la literatura y validados empíricamente en el proyecto Oasis. Por otro lado, la implicancia práctica de los resultados de la investigación permitirá a la toma de decisiones de la línea de mando para la puesta en marcha de metodologías como VDC en sus proyectos. En ese sentido, la investigación plantea un marco de referencia de un conjunto de factores, variables y efectos producto de su aplicación en proyectos de viviendas sociales.

En conclusión, se logró analizar de manera general la situación actual del proyecto en ejecución logrando identificar un sistema de gestión tradicional y el uso de algunas herramientas Lean Construction para el control de la producción en obra en el proyecto, en consecuencia, los resultados actuales no eran los previstos según la planificación.

Por otro lado, mediante la descripción de las características actuales del proceso de construcción del casco estructural del proyecto tales como, procedimientos, recursos, entre otros, y el resultado de la encuesta dirigida a los profesionales expertos, se pudo conocer a las partidas de encofrado y concreto como las partidas en donde surgen los principales problemas. Además, se pudo determinar los factores que influyen directamente en la productividad del proceso constructivo tradicional del proyecto y estimar sus rendimientos actuales, concluyendo que las causas del bajo rendimiento corresponderían al no utilizar la capacidad máxima de planta de concreto, una deficiente gestión, procesos ineficientes y problemas derivados con la programación de obra.

Finalmente, se logró proponer y aplicar diversas alternativas de mejora basadas en la metodología VDC. Primeramente, el uso de ICE logró integrar a los interesados del proyecto mediante reuniones semanales con la finalidad de agilizar la toma de decisiones ante los problemas que se presentaban en el transcurso del proyecto, además, se obtuvo una asistencia promedio del 92% en las reuniones ICE y se utilizó tecnología BIM en todas las sesiones. Por otro lado, BIM permitió la visualización del proyecto en 3D y brindó soporte en la planificación diaria y semanal de producción. En esa misma línea, PPM logró mejorar el sistema de producción actual de concreto, permitiendo así una interacción fluida entre los diversos actores y reducir las mayores fuentes de variabilidad del proyecto, además, se alcanzó un promedio del 88% en el TAC, un PPC superior al 80% y el 57% de propuestas de mejoras fueron viables y aceptadas. Finalmente, mediante la integración de todas estas aplicaciones en el marco VDC se logró optimizar la producción de concreto en obra, logrando así reducir el plazo de ejecución del casco estructural en un 17%.

REFERENCIAS

- Alarcón, L. F., Mourgues, C., Ryan, C. O., & Fischer, M. (2010). Designing a Benchmarking Platform To Select Vdc / Bim Implementation Strategies. *CIB W78 2010: 27th International Conference, 1989*, 16–18. [http://itc.scix.net/cgi-bin/works/Show?_id=w78-2010-29&sort=DEFAULT&search=Bim implementation strategy &hits=579](http://itc.scix.net/cgi-bin/works/Show?_id=w78-2010-29&sort=DEFAULT&search=Bim+implementation+strategy+&hits=579)
- Aslam, M., Gao, Z., & Smith, G. (2021). Integrated implementation of Virtual Design and Construction (VDC) and lean project delivery system (LPDS). *Journal of Building Engineering*, 39(July). <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102252>
- Balarezo Medina, P. L. (2019). *Aplicación del sistema de prelosas y su incidencia en el tiempo de ejecución del edificio Medis, Pueblo Libre 2018*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Digital Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/48085>
- Belsvik, M. R., Lædre, O., & Hjelseth, E. (2019). Metrics in VDC projects. *27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019*, 2, 1129–1140. <https://doi.org/10.24928/2019/0167>
- Building and Construction Authority. (2017). *Singapore VDC Guide*. https://www.corenet.gov.sg/media/2094675/singapore-vdc-guide_version1_oct2017.pdf
- Cabrera Villa, J. (14 de octubre de 2016). *Virtual Design and Construction (VDC): una nueva era en la construcción. Conexión esan*. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/virtual-design-construction-vdc-nueva-era-construccion>
- Choque, J., Fustamante, C., Gutierrez, F., Medina, G. & Tanco, W (2021). *Aplicación de la Metodología VDC en la Etapa de Diseño para la Construcción de Viviendas Económicas del Programa Techo Propio: Caso de Estudio Residencial Pacocha, ciudad de Ilo, Perú*. [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/658312>
- Corrales Tamayo, J. L., & Saravia Torres-Llosa, R. E. (2020). *Implementación de la metodología Virtual Design & Construction - VDC en las etapas de Diseño y Construcción para reducir el plazo en proyectos de edificaciones en el Perú*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC <http://hdl.handle.net/10757/651670>
- Fondo Mivivienda. (junio, 2022). Crece participación en el mercado. *Mi vivienda*. <https://www.mivivienda.com.pe/portalweb/fondo-mivivienda/revistas.aspx>

- Fosse, R., Ballard, G. & Fischer, M. (2017). Virtual Design and Construction: Aligning BIM and Lean in Practice. *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Heraklion, Greece, 9-12 Jul 2017. pp 499-506
<https://doi.org/10.24928/2017/0159>
- Franco de Souza Ferreyra, P. E., Galán Tirapo, D. J., & 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]. Repositorio Académico UPC.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/623976>
- Gustafsson, M., Gluch, P., Gunnemark, S., Heinke, K., & Engström, D. (2015). The Role of VDC Professionals in the Construction Industry. *Procedia Economics and Finance*, 21(Vdc), 478–485. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00202-6](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00202-6)
- Guzmán Tejada, Abner. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Académico PUCP.
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/5778>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). *Encuesta Nacional de Programas Presupuestales 2011-2021*.
https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1855/1ibro.pdf
- Izquierdo Chombo, J. W. (2016). *Optimización de la gestión del tiempo en la etapa de casco estructural en un edificio multifamiliar utilizando el método de línea de balance*. [Tesis de grado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio Académico USMP.
<https://hdl.handle.net/20.500.12727/2635>
- Kunz, J., & Fischer, M. (2012). Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. *CIFE Working Paper*, 97(Version14), 50.
<http://www.stanford.edu/group/CIFE/online.publications/WP097.pdf>
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. In *Journal of clinical epidemiology* (Vol. 62, Issue 10). <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>
- Martínez, M., Varela, M., Torruco, U., & Díaz, L. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en Educación Médica*, 2(7),162-167. ISSN: 2007 865X.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349733228009>

- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM*.
http://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf
- Mok, K. Y., Shen, G. Q., & Yang, J. (2015). Stakeholder management studies in mega construction projects: A review and future directions. *International Journal of Project Management*, 33(2), 446–457. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.08.007>
- Project Production Institute. (2020). *Five Levers of Production System Optimization*.
- Project Production Institute. (2022). *Manifiesto*. Recuperado el 27 de julio de 2022, de <https://projectproduction.org/manifiesto/>
- Quiso, E., Rivera, J., & Farje, J. (2021). Proposal for the application of ICE and BIM sessions to increase productivity in construction. *Journal of Physics: Conference Series*, 1803(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1803/1/012027>
- Rafsanjani, H. N., & Nabizadeh, A. H. (2021). Towards digital architecture, engineering, and construction (AEC) industry through virtual design and construction (VDC) and digital twin. *Energy and Built Environment*, October. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.10.004>
- Rischmoller, L., Reed, D., Khanzode, A., & Fischer, M. (2018). Integration enabled by virtual design & construction as a lean implementation strategy. *IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction Towards Mature Production Management Across Cultures and Frontiers*, 1(July), 240–249. <https://doi.org/10.24928/2018/0521>
- Shenoy, R. (2017). A Comparison of Lean Construction with Project Production Management. *Journal of Project Production Management*, 2, 1–13. <https://projectproduction.org/wp-content/uploads/2017/09/PPI-JOURNAL-PPIPP-A-Comparison-of-Lean-Construction-with-Project-Production-Management.pdf>
- Tuesta, R., Vicuña, M., Savio, A. A. D., Palpan, A., Valle, E. & Quiroz, F. (2022). Prefabricated Reinforcement in Construction Using VDC: Case Study Ovalo Monitor Bridge. En: *Proc. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. Edmonton, Canadá, 27-29 Jul 2022. págs. 1008-1019 <https://doi.org/10.24928/2022/0210>
- Valdivia, G. (2022, 16 junio). La necesidad de impulsar la vivienda social en el Perú. infobae. Recuperado 5 de julio de 2022, de <https://www.infobae.com/americas/opinion/2022/06/16/la-necesidad-de-impulsar-la-vivienda-social-en-el-peru/>

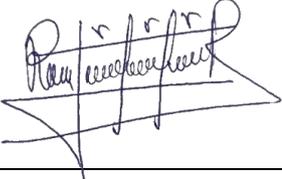
Vidal Quincot, JF (2020). Marco VDC Aplicado al Proyecto “Centro de Bienestar Universitario”; Universidad de Lima, Center for Integrated Facility Engineering (Stanford University). <https://hdl.handle.net/20.500.12724/16884>

ANEXOS

ANEXO N° 1. Matriz de evaluación de expertos – Variable independiente.

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	Propuesta de mejora para optimizar el tiempo de ejecución del casco estructural utilizando la metodología VDC en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022.			
Línea de investigación:	Gestión			
Apellidos y nombres del experto:	Ing. Marco Alexander Rodríguez Guevara			
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Independiente			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Sugerencias:				
Firma del experto:				
 MARCO ALEXANDER RODRIGUEZ GUEVARA Ingeniero Civil CIP N° 234487				

ANEXO N° 2. Matriz de evaluación de expertos – Variable independiente.

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	Propuesta de mejora para optimizar el tiempo de ejecución del casco estructural utilizando la metodología VDC en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022.			
Línea de investigación:	Gestión			
Apellidos y nombres del experto:	Ing. Jonathan Delgado Rengifo			
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Independiente			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Sugerencias:				
Firma del experto:				
				

ANEXO N° 3. Matriz de evaluación de expertos – Variable dependiente.

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	Propuesta de mejora para optimizar el tiempo de ejecución del casco estructural utilizando la metodología VDC en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022.			
Línea de investigación:	Gestión			
Apellidos y nombres del experto:	Ing. Marco Alexander Rodríguez Guevara			
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Dependiente			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
7	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
8	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de comprender para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Sugerencias:				
Firma del experto:				
 MARCO ALEXANDER RODRIGUEZ GUEVARA Ingeniero Civil CIP N° 234487				

ANEXO N° 4. Matriz de evaluación de expertos – Variable dependiente.

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	Propuesta de mejora para optimizar el tiempo de ejecución del casco estructural utilizando la metodología VDC en el proyecto Residencial Oasis II, Sullana-Piura, 2022.			
Línea de investigación:	Gestión			
Apellidos y nombres del experto:	Ing. Jonathan Delgado Rengifo			
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Dependiente			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
7	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
8	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de comprender para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Sugerencias:				
Firma del experto:				
				

ANEXO N° 5. Matriz de asignación de responsabilidades: Gestión, Construcción y Calidad.

MATRIZ DE ASIGNACIÓN DE RESPONSABILIDADES									
EDT	Miriá Gerente de Obra Proyecto	Delgado Ing. Residente	Rodríguez Ing. Oficina Técnica	Aguilar Ing. Producción	Rabanal Ing. De Calidad	Gabriela Previsionista de Riesgo	Luis Maestro de Obra	Jocami Administración	Jhonatan Almacenero
GESTION									
CONTROL DEL PLAZO, MARGEN/COSTOS.	I	P-F-V	R-P						
CONTROL DE PRODUCCION.	I	P-F-V	R-P						
CONTROL DE CALIDAD	I	P-F-V		R-P					
CONTROL DE SEGURIDAD	I	P-F-V			R-P				
MANEJO CONTRACTUAL	F-I-A	R-P				R-P			
RELACION CON LOS VEINOS	I-V	R-P							
EVALUACION DEL PERSONAL DE OBRA	I	R-P	P		R-P		R-P	R-P	
CREAR Y MEJORAR LOS PROCESOS DE OBRA.	I	R-P	P						
NEGOCIACION DE SUBCONTRATOS Y EQUIPOS	I	R-P	P						
RESOLVER CONFLICTOS DURANTE CONSTRUCCION	I	R-P	P						
RESCATE DE OBRA (GUARDERIO DE OBRA)	I	R-P	P						
BITACORA DE OBRA (GUARDERIO DE OBRA)	I	F-V			R-P				
ELABORACION Y CONTROL DE PRESUPUESTOS	I	F-V			R-P				
ELABORACION DE VALORACIONES	I	F-V			R-P				
COMPATIBILIZACION DE PLANOS	I-V	R-P			R-P				
PREPARAR ESPECIFICACIONES PARA COMPRAS TECNICAS (COMPRA)	A	F-V	R-P		R-P		P		P
REPORTES SEMANAL Y MENSUAL A OFICINA PRINCIPAL	I	R-P	P		R-P		P		P
CONSTRUCCION (PRODUCCION, ALCANCE Y COSTOS)									
PLANIFICACION MAESTRA (POR HITOS)	I	R-P							
SEGUIMIENTO YO CAMBIO DE LA PLANIFICACION MAESTRA.	I	R-P							
PLAN GENERAL DE OBRA	I	R-P							
COORDINAD PLANNING	I	F-P-A	P				P		
ANALISIS DE RESTRICCIONES	I	F-P-A							
PROGRAMACION SEMANAL	I	F-P-A							
PROGRAMACION DIARIA	I	F-P-A							
INDICADORES (IPC Y CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO)	I	F-P-A							
ROL DE ACCIONES CORRECTIVAS	I	F-P-A							
TAREAS DIARIOS FORMATO EXCEL	I	F-P-A							
TAREAS DIARIOS FORMATO SLO	I	F-P-A							
SEGUIMIENTO ORDENES DE COMPRA	I	F-A	R-P					R-P	
CONTROL DE EQUIPOS (MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y REPARACION-Lista de Equipos con Fechas de Mantenimiento)	I	F-A	R-P					R-P	
REALIZACION DE PLANOS AS BUILT	I	F-A							
NIETRADOS DE AVANCE GENERAL DE OBRA	I	F-P-V-A	R-P				P		
NIETRADOS PARA VALORACIONES, ANEXIONALES, ETC	I	F-A							
SEGUIMIENTO COMPRA DE OBRA	I	F-A	R-P						
COMPRA MENORES (Caja Chica)	I	F-A	R-P						
DAR EL REPORTE TECNICO Y OPERATIVO AL PERSONAL DE OBRA.	I	F-A	R-P						
ANALISIS DE PRODUCTIVIDAD VA SLO	I	F-P-V-A	P						
CURVAS DE PRODUCTIVIDAD	I	F-P-V-A	P						
ANALISIS DE PROCESOS (TRABAJOS HECHOS)	I	F-P-V-A	R-P						
ANALISIS DE PROCESOS (CARTAS DE BALANCE)	I	F-P-V-A	R-P						
ANALISIS DE REPORTES DE CONTROL DE RENOVIMIENTOS (PI)	I	F-V	R-P						
Calidad									
EJECUTAR AUDITORIAS PERIÓDICAS DE CALIDAD DE OBRA.	F	P							
ELABORAR PROTOCOLOS DE CALIDAD EN CAMPO	I	F-V						R-P	
EJECUTAR PROTOCOLOS DE CALIDAD EN CAMPO	I	F-V						R-P	
RECOPIAR LOS DOCUMENTOS DEL DOSSIER DE CALIDAD	I	F-V						R-P	
LABORATORIO / PRUEBAS	I	I						R-P	

ANEXO N° 6. Matriz de asignación de responsabilidades: Recursos Humanos, Seguridad y medio ambiente, Almacén y Administración.

MATRIZ DE ASIGNACIÓN DE RESPONSABILIDADES										
EDT	Gerente de Obra Proyecto	Delgado Ing. Residente	Rodríguez Ing. Oficina Técnica	Aguilar Ing. Producción	Rabanal Ing. De Calidad	Gabiñela Previsionista de Riesgo	Luis Maestro de Obra	Jocani Administración	Jhoratan Almacenero	Legenda
										(RESPONSABLE) = Es el responsable del entregable F (FIRMA) = El entregable requiere su firma P (PARTICIPA) = Participa en la construcción/elaboración del entregable (INFORMADO) = Es informado del resultado del entregable V (VALIDA) = Valida el control de calidad del entregable A (AUTOREA) = Autoriza la entrega del entregable
RECURSOS HUMANOS										
EVALUACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE PERSONAL DE CAMPO (PRODUCCIÓN).		I-V		R-P	P		P			
EVALUACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE PERSONAL DE CAMPO (SEGURIDAD).		I-V				R-P	P			
EVALUACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE PERSONAL DE CAMPO (CALIDAD).		I-V			R-P		P			
REGlamento DE SANACIONES E INCENTIVOS AL PERSONAL DE OBRA (tardanzas o faltas injustificadas SEGURIDAD, CALIDAD, ORDEN Y LIMPIEZA)		R-P	P	P	P	R-P	P	R-P	P	
SEGURIDAD Y CONTROL AMBIENTAL										
CAPACITAR AL PERSONAL DE OBRA EN IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS (conocimiento y concientización)		V-I		P	P		P			
ADECUAR LA OBRA ESPECÍFICA A LAS NORMAS , ESTÁNDARES Y POLÍTICAS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	R	V-I	P	P	P	R-P				
EFECTUAR AUDITORIAS PERIÓDICAS DE SEGURIDAD DE OBRA.		R-P				R-P				
LABORAR MATRIZ DE PREVENCIÓN DE RIESGOS (SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE) partidas específicas		F-V				R-P				
ALMACEN										
PROVEER A LOS TRABAJADORES DE LAS HERRAMIENTAS Y EQUIPOS NECESARIOS			P	P		P	P	R	R-P	
CONTROLAR LA UBICACIÓN, DENTRO DE LA OBRA, DE LAS HERRAMIENTAS Y EQUIPOS.			P	P				R	R-P	
SUPERVISAR EL CORRECTO USO DE LAS HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE LA OBRA		I		P	P		P	R	R-P	
VERIFICAR EL BUEN ESTADO Y CANTIDAD DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES QUE LLEGAN A LA OBRA		I		P	P	P	P	R	R-P	
RECIBIR Y ENTREGAR LOS MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE LA OBRA		I		P	P		P	P	R-P	
CONTROLAR EL STOCK DE LA OBRA		I				R-P		R	R-P	
SACAR PROBIETAS		I			R-P				P	
CURADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		I			R-P				P	
INVENTARIO DE LA OBRA		I		P	P			R	R-P	
SUPERVISIÓN DEL INVENTARIO DE LA OBRA		I					P	R	R-P	
CONTROL DE PRESTAMOS DE HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS DE SEGURIDAD EN CAMPO								R	R-P	
ADMINISTRACIÓN										
RESPONSABLE DEL CUMPLIMIENTO DE LAS POLÍTICAS DE LA OBRA		R-P	P	P	P		P	R-P	P	
PROCESO ADMINISTRATIVO DE COMPAS (DESDE O/C HASTA EL PAGO)		R-P	P					R-P	P	
PROCESO ADMINISTRATIVO DE PAGOS (DESDE O/C HASTA EL PAGO)		R-P	P					R-P	P	
CONTROL DE PAGOS		R-F	P					R-P	P	
ADMINISTRACIÓN DE ACTIVOS DE LA OBRA		R-P						P	P	
RESPONSABLE DEL ARCHIVO DE LA OBRA		F						R-P	P	
PLANILLA		F						R-P	P	
TRIBUTOS		R						P	P	
EMISIÓN DE CHEQUES	FR-I	R-P	P					P	P	
CONTROL DE MOVIMIENTO DE ALMACENES		I							R	
CUMPLIMIENTO REQUISITOS DEL MINISTERIO DE TRABAJO		I							R	
CONTRATACIÓN DE SEGUROS	I-F	R				R-P		R-P	R-P	