



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

APLICACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM Y GESTIÓN DE PROYECTOS
DURANTE LA FASE DE DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS CON MARCO
CONTRACTUAL NEC 3 OPCIÓN F

Línea de investigación:
**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y
geotecnia**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autora

Yauri Sosa, Fiorella Rosa

Asesor

Tabory Malpartida, Gustavo Augusto

ORCID: 0000-0002-8455-8938

Jurado

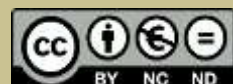
Pumaricra Padilla, Raúl Valentín

Quintanilla Huayta, Darío

Malpica Rodríguez, Lidia Nelly

Lima - Perú

2025



APLICACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM Y GESTIÓN DE PROYECTOS DURANTE LA FASE DE DISEÑO DE DEFENSAS RIBERENAS CON MARCO CONTRACTUAL NEC 3 OPCIÓN F

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

1%

3

upc.aws.openrepository.com

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

1%

5

revistas.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

7

Submitted to Universidad Tecnológica del Peru

Trabajo del estudiante

1%

8

www.cgate.es

Fuente de Internet

<1%

9

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

10

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

11

Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal

Trabajo del estudiante

<1%

12

planeamiento.mop.gob.cl

Fuente de Internet

<1%

13

repositorio.usil.edu.pe

Fuente de Internet

<1%



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

APLICACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM Y GESTIÓN DE PROYECTOS
DURANTE LA FASE DE DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS CON MARCO
CONTRACTUAL NEC 3 OPCIÓN F

Línea de Investigación:

Desarrollo Urbano-Rural, Catastro, Prevención de riesgo, Hidráulica y Geotecnia

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autora:

Yauri Sosa, Fiorella Rosa

Asesor:

Tabory Malpartida, Gustavo Augusto

ORCID: 0000-0002-8455-8938

Jurado:

Pumaricra Padilla, Raúl Valentín

Quintanilla Huayta, Darío

Malpica Rodríguez, Lidia Nelly

Lima – Perú

2025

DEDICATORIA

A mis padres, Rosa y Wilfredo, y a mis hermanos Mirella, Wilfredo y Lito por su vital apoyo en conseguir mis metas. A mis incondicionales amigos, Mantty y Copo por acompañarme en cada uno de mis pasos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Federico Villarreal y a mis queridos docentes por haber sido una parte fundamental de mi experiencia universitaria. Al Ing. Luis Barba, por transmitirme su pasión y dedicación por la gestión, planificación y control de proyectos.

ÍNDICE

RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Descripción y formulación del problema.....	14
1.1.1. Problema general.....	19
1.1.2. Problemas específicos.....	19
1.2. Antecedentes.....	19
1.2.1. En el ámbito nacional.....	19
1.2.2. En el ámbito internacional.....	23
1.3. Objetivos.....	25
1.3.1. Objetivo general.....	25
1.3.2. Objetivos específicos.....	25
1.4. Justificación.....	26
1.5. Hipótesis.....	27
1.5.1. Hipótesis general.....	27
1.5.2. Hipótesis específicas.....	27
II. MARCO TEÓRICO.....	29
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	29
2.1.1. Sistema del último planificador o Last Planner System (LPS).....	29
2.1.2. Principios fundamentales del LPS.....	30
2.1.3. Metodología del LPS.....	36
2.1.4. Herramientas y técnicas del LPS.....	40
2.1.5. Métricas del LPS.....	46
2.1.6. Gestión de proyectos de construcción.....	49

2.1.7. Defensas ribereñas	52
2.1.8. Fase de diseño	53
2.1.9. Los contratos NEC	57
2.1.10. Acuerdos gobierno a gobierno en el Perú.....	63
III. MÉTODO.....	65
3.1. Tipo de investigación	65
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	65
3.2.1. Temporal	65
3.2.2. Espacial	66
3.3. Variables	66
3.3.1. Variable independiente o de causa.....	66
3.3.2. Variable dependiente o de efecto	66
3.4. Población y muestra.....	66
3.5. Instrumentos.....	69
3.5.1. Técnica de recolección de datos.....	69
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos	69
3.5.3. Validación de instrumentos.....	71
3.6. Procedimientos	73
3.6.1. Procedimiento	73
3.6.2. Ejecución del procedimiento.....	76
3.7. Análisis de datos.....	80
IV. RESULTADOS	82
4.1. Resultados de la investigación.....	82
4.1.1. Estado del proyecto sin aplicación del Last Planner System (LPS)	82
4.1.2. Estado del proyecto con aplicación del Last Planner System.....	87

4.2. Análisis de resultados	109
4.2.1. Cumplimiento de plazos.....	110
4.2.2. Compromiso del personal	112
4.2.3. Control de costos.....	115
4.2.4. Conclusión del análisis estadístico.....	117
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	118
5.1. Resultados de la investigación.....	118
5.2. Resultados por dimensión	126
VI. CONCLUSIONES	128
6.1. Conclusión 1	128
6.2. Conclusión 2	128
6.3. Conclusión 3	128
6.4. Conclusión 4	129
VII. RECOMENDACIONES.....	130
7.1. Recomendación 1	130
7.2. Recomendación 2	130
7.3. Recomendación 3	130
7.4. Recomendación 4	130
VIII. REFERENCIAS	131
IX. ANEXOS	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Niveles de planificación</i>	30
Figura 2 <i>5 principios claves de Lean Production</i>	33
Figura 3 <i>Panel visual digital para una Pull Session</i>	42
Figura 4 <i>Formato Look Ahead Plan</i>	43
Figura 5 <i>Formato de lista de restricciones</i>	44
Figura 6 <i>Formato de inventario de trabajo ejecutable (ITE)</i>	45
Figura 7 <i>Formato del plan de trabajo semanal</i>	46
Figura 8 <i>Estructura de métricas</i>	48
Figura 9 <i>Línea de tiempo general de la gestión de proyectos</i>	50
Figura 10 <i>Plan de trabajo 2020 - fase de diseño</i>	54
Figura 11 <i>Contrataciones de gobierno a gobierno</i>	64
Figura 12 <i>Componentes del proyecto Lacramarca</i>	67
Figura 13 <i>Resumen de la Aplicación de Last Planner System</i>	75
Figura 14 <i>Ubicación política de la cuenca del río Lacramarca</i>	77
Figura 15 <i>Distribución porcentual de involucrados según la transferencia de información</i> . 83	83
Figura 16 <i>Distribución porcentual de involucrados según el plazo de entrega</i>	84
Figura 17 <i>Distribución porcentual de involucrados según el volumen de entrega</i>	85
Figura 18 <i>Distribución porcentual de involucrados según el nivel de la dinámica</i>	86
Figura 19 <i>Distribución porcentual de involucrados según el cumplimiento de plazo</i>	87
Figura 20 <i>Distribución de frecuencia porcentual de semanas según la variación del hito</i> ...	89
Figura 21 <i>Semana 35- Detalle del Control del Hito "Fin Etapa 3B"</i>	90
Figura 22 <i>Resumen de la variación de hito "Fin de etapa 4" semanal con el LPS</i>	91
Figura 23 <i>Distribución porcentual de semanas según la variación del hito</i>	92
Figura 24 <i>Semana 43- detalle del control del hito "Fin Etapa 4"</i>	93

Figura 25 <i>Comparativo de cumplimiento de hitos de las etapas de fase de diseño</i>	94
Figura 26 <i>Resumen del nivel de compromiso (CL)</i>	96
Figura 27 <i>Comparativo de costo de las etapas de diseño</i>	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Los 7 desperdicios dentro de la metodología Lean</i>	35
Tabla 2 <i>Nivel de planificación de Last Planner System</i>	37
Tabla 3 <i>Roles y responsabilidades</i>	39
Tabla 4 <i>Métricas del LPS según la etapa del proyecto</i>	46
Tabla 5 <i>Opciones de los contratos NEC</i>	60
Tabla 6 <i>Resumen de puntuación de validación por expertos</i>	72
Tabla 7 <i>Entregables de la fase 3B y etapa 4</i>	77
Tabla 8 <i>Resumen de la variación de hito “Fin de Etapa 3B” semanal con el LPS</i>	88
Tabla 9 <i>Resumen nivel de compromiso (CL%)</i>	94
Tabla 10 <i>Evaluación de costos en la etapa 3A.1</i>	97
Tabla 11 <i>Sobre costos por atraso de entrega etapa 3A.1</i>	98
Tabla 12 <i>Evaluación de costos en la etapa 3A.2</i>	99
Tabla 13 <i>Sobrecostos por atraso de entrega etapa 3A.2</i>	102
Tabla 14 <i>Evaluación de costos en la etapa 3B</i>	103
Tabla 15 <i>Sobrecostos por atraso de entrega etapa 3B</i>	105
Tabla 16 <i>Evaluación de costos en la etapa 4</i>	106
Tabla 17 <i>Sobrecostos por atraso de entrega etapa 4</i>	108
Tabla 18 <i>Resultado de la prueba de normalidad del plazo</i>	111
Tabla 19 <i>Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el cumplimiento de plazo</i>	111
Tabla 20 <i>Resultado de la prueba de normalidad del nivel de compromiso</i>	113
Tabla 21 <i>Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el nivel de compromiso</i>	114
Tabla 22 <i>Resultado de la prueba de normalidad de los costos</i>	115
Tabla 23 <i>Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el control de costos</i>	116

Tabla 24 <i>Resultados de la presente investigación en comparación a otras investigaciones relacionadas al tema</i>	120
Tabla 25 <i>Resultados por dimensión</i>	126

RESUMEN

Los proyectos de defensas ribereñas, esenciales para mitigar riesgos en áreas vulnerables, enfrentan desafíos en su fase de diseño bajo el marco contractual NEC 3 Opción F, donde las demoras impactan plazos y costos. El objetivo de este trabajo es evaluar cómo la implementación del Last Planner System (LPS) en la gestión de proyectos puede optimizar la planificación y mejorar la eficiencia durante la fase de diseño. La investigación es de tipo aplicada, con alcance explicativo, y la muestra estuvo conformada por cincuenta (50) entregables. Se determinó que la aplicación del LPS tuvo un impacto positivo en la gestión del proyecto. En términos de plazos, la métrica de Variación de Hito (MV) fue igual a 0, evidenciando que la Etapa 3B y la Etapa 4 se mantuvieron alineadas con la planificación establecida, cumpliendo los plazos y mitigando retrasos. En cuanto a los costos, se logró reducir los sobrecostos previstos de \$. 7,107,354.71 a \$. 6,855,894.43, mediante la identificación oportuna de restricciones y la optimización de recursos. Respecto al compromiso del personal, se alcanzó un promedio de cumplimiento del 88% de las tareas planificadas, gracias al enfoque colaborativo promovido por el LPS. Se concluye que la implementación del LPS mejora el cumplimiento de plazos, incrementa el compromiso del equipo y permite una gestión más eficiente de los recursos, reduciendo sobrecostos y aumentando la efectividad en la fase de diseño de proyectos de defensas ribereñas bajo este marco contractual.

Palabras clave: Last Planner System, defensas ribereñas, Gestión del diseño, NEC.

ABSTRACT

River defense projects, which are essential to mitigating risks in vulnerable areas, face significant challenges during the design phase under the NEC3 Option F contractual framework, where delays directly affect schedule and cost performance. The objective of this thesis is to assess how the implementation of the Last Planner System (LPS) in project management can optimize planning and improve efficiency during the design phase. The research is applied in nature, with an explanatory scope, and the sample consisted of fifty (50) deliverables. The results show that the application of LPS had a positive impact on project management. In terms of schedule, the Milestone Variation (MV) metric was equal to 0, indicating that Stage 3B and Stage 4 remained aligned with the baseline plan, meeting deadlines and mitigating delays. Regarding costs, projected overruns were reduced from US\$ 7,107,354.71 to US\$ 6,855,894.43 through the timely identification of constraints and optimized resource allocation. With respect to staff commitment, an average compliance of 88% of planned tasks was achieved, driven by the collaborative approach promoted by LPS. It is concluded that the implementation of LPS improves schedule adherence, increases team commitment, and enables more efficient resource management, thereby reducing cost overruns and enhancing the effectiveness of the design phase of river defense projects under this contractual framework.

Keywords: Last Planner System, river defenses, design management, NEC.

I. INTRODUCCIÓN

La creciente vulnerabilidad de las comunidades frente a desastres naturales, como inundaciones y erosión fluvial, ha incrementado la necesidad de proyectos de infraestructura eficientes y sostenibles. En el contexto peruano, los fenómenos hidrometeorológicos extremos, exacerbados por el fenómeno El Niño, demandan soluciones técnicas y de gestión que permitan mitigar riesgos y proteger a las poblaciones. En este marco, la construcción de defensas ribereñas se posiciona como una estrategia clave para la protección de vidas e infraestructuras.

La presente investigación se centra en la fase de diseño de proyectos de defensas ribereñas bajo el marco contractual NEC 3 Opción F, con énfasis en la implementación del sistema Last Planner System (LPS). Este sistema, basado en los principios de Lean Construction, ha demostrado ser eficaz para mejorar la planificación, la coordinación y la eficiencia en proyectos de diversa índole. Sin embargo, su aplicación en la etapa de diseño de proyectos hidráulicos aún presenta un terreno poco explorado.

En este contexto, el trabajo desarrolla un análisis detallado de la implementación del sistema Last Planner System (LPS), evaluando su impacto en términos de cumplimiento de plazos, reducción de costos y mejora del compromiso del equipo de trabajo. Los hallazgos obtenidos buscan contribuir al conocimiento académico y práctico sobre la gestión de proyectos hidráulicos en entornos complejos y bajo marcos contractuales modernos.

La presente investigación está conformada por los siguientes capítulos:

Capítulo I: Descripción y formulación del problema, este capítulo está conformado por la descripción del problema. Se establece la pregunta de investigación y se definen los objetivos y la hipótesis.

Capítulo II: Marco teórico: Este capítulo se compone de una exhaustiva revisión de la literatura existente y los fundamentos teóricos que respaldan la investigación.

Capítulo III: Método: Este capítulo describe detalladamente el enfoque metodológico utilizado en la investigación. Se explica el tipo de investigación seleccionado, detallando el diseño experimental aplicado. Finalmente, se detallan los procedimientos para la recolección, sistematización y procesamiento de la información obtenida durante la investigación.

Capítulo IV: Resultados: Se presentan los resultados obtenidos y se comparan a través de gráficos y tablas.

Capítulo V: Discusiones: Se analizan los resultados en relación con estudios previos, explorando las causas de los efectos observados y discutiendo limitaciones del estudio, como el tamaño de la muestra, y se sugieren áreas de mejora.

Conclusiones: Este capítulo presenta las conclusiones derivadas de los resultados obtenidos durante la investigación, resumiendo los hallazgos más importantes.

Recomendaciones: Se ofrecen recomendaciones para mejorar la implementación del LPS en futuros proyectos, sugiriendo su uso en otras fases y en diferentes tipos de proyectos, además de promover la capacitación continua de los equipos y mejorar las herramientas de recolección de datos.

1.1. Descripción y formulación del problema

Los fenómenos naturales en el mundo siempre han constituido un peligro latente para las personas, estos fenómenos van a desencadenar desastres de todo tipo, según Posadas et al. (2023), los fenómenos naturales son inherentes a la naturaleza, es decir no son creados por el ser humano, sino son parte de la dinámica de la Tierra; mientras que los desastres naturales son consecuencia de los fenómenos naturales, pero mayormente condicionados, incrementados, o propiciados por una acción antrópica, tales como: falta de planificación urbana y rural, deficiencias técnicas o tecnológicas, contaminación, incendios, explosiones, guerras, accidentes industriales, exposición al peligro, y cualquier otra condición o riesgos propiciados por el hombre. Ignacio (2021) señala que los desastres naturales a nivel global constituyen una

amenaza seria. La ocurrencia de este tipo de desastres no es homogénea entre países, algunos lugares presentan un mayor nivel de riesgo ambiental y la distribución de sus impactos tampoco es homogénea. Los países con economías emergentes sufren las mayores repercusiones por estos fenómenos, ya sea por tener una infraestructura precaria, falta de acceso a servicios básicos y en términos generales, por la menor cantidad de recursos para hacer frente y reponerse del desastre.

Los desbordes de los ríos también son frecuentes en Latinoamérica, como el caso de Chile, Laborde (2023), publicó que, en el mes de junio 2023, en las zonas centro y sur hubo lluvias torrenciales, que causaron el desborde de ríos, puentes dañados, caminos interrumpidos y pasos fronterizos cerrados. Igualmente, en Ecuador, según Loayza (2023) en el mes de junio de 2023 se produjeron desbordes en seis ríos, luego de suscitarse intensas lluvias, causando la afectación de 11,750 personas y 2,895 viviendas.

En el Perú también, como menciona Arce (2023), en temporada de lluvia se producen precipitaciones con una intensidad que va de ligera a fuertes intensidad en más de 10 regiones, sobre todo en el litoral norte de la costa peruana, y en la zona de selva central y nor oriente, como consecuencia de esto se desbordan los ríos y generan inundaciones en los alrededores, damnificando a pobladores de terrenos aledaños. Masías et al. (2021) señalan que, la causa de las lluvias intensas es el denominado Fenómeno El Niño, que es una alteración atmosférica ocasionada por el calentamiento anómalo del agua en el Pacífico frente a las costas de Perú y Ecuador, provocando cambios en el océano y en el clima.

En este contexto, la construcción de defensas ribereñas adquiere una especial importancia para mitigar los impactos negativos causados por el Fenómeno El Niño y otros eventos hidrometeorológicos extremos. Según Hidalgo et al. (2020), las inundaciones recurrentes generan no solo daños materiales, sino también problemas sociales y económicos significativos, afectando especialmente a las comunidades vulnerables cercanas a los cauces

de los ríos. Por ello, es imprescindible realizar un diseño técnico adecuado de las defensas ribereñas que considere las características geográficas y climáticas de cada región, así como las proyecciones de riesgos futuras, tal como lo señala López (2018) en su análisis sobre la planificación preventiva en obras de infraestructura hidráulica. Sin embargo, la efectividad de estas defensas no solo radica en la ingeniería estructural, sino también en un correcto análisis, planificación y gestión eficientes de la fase de diseño, una etapa crítica que establece las bases para el éxito o fracaso del proyecto.

Lahdenperä y Tanhuanpää (2000) señalan que el proceso de diseño, cuando es gestionado mediante métodos tradicionales de administración de proyectos, tiende a generar niveles deficientes de desempeño. Esto, según Koskela et al. (1997), se debe a que los enfoques tradicionales se basan en un modelo de conversión, el cual asume que el trabajo puede dividirse en partes independientes y ser gestionado de manera autónoma, ignorando la naturaleza dinámica e interdependiente de los procesos. Por su parte, Pons (2014) resalta que la fase de diseño en los sistemas clásicos de gestión enfrenta problemas como la falta de formación y experiencia en metodologías modernas, la deficiente coordinación entre los participantes, y la ausencia de colaboración y transparencia en los equipos. Estas deficiencias generan consecuencias significativas, como desfases de tiempo, incrementos en costos, reclamos frecuentes, y un alto nivel de incertidumbre en los proyectos, afectando tanto la calidad como la sostenibilidad de los resultados.

Según el Project Management Institute (2013) la eficiencia durante la etapa de construcción está íntimamente ligada a la calidad de los datos producidos durante la fase de diseño y a la gestión global de los procesos constructivos. Alcántara (2013) señala que, por esta razón, es esencial mejorar el proceso de generación de información durante la fase de diseño para evitar consecuencias negativas en etapas posteriores, tales como extensiones de plazos, incrementos de presupuesto, proyectos incompletos o abandonados, disputas, costos

elevados de operación y mantenimiento, y, en consecuencia, la insatisfacción de clientes y usuarios finales.

Así mismo, Portillo y Viera (2020) en su investigación indica que el modelo de colaboración entre gobiernos llamado G2G incorporó innovaciones, como la adopción del modelo británico Nuevos Contratos (NEC). Además, Medina (2023) señala que son un tipo de contrato de ingeniería y construcción desarrollado en el Reino Unido por la Institución de Ingenieros Civiles, que establecen herramientas innovadoras que promueven una actitud cooperativa entre las partes del contrato, entre ellas: alertas tempranas, reunión de riesgos, junta de resolución de disputas y cláusulas back-to-back en los subcontratos. Este tipo de contrato tiene una nueva filosofía de interacción entre el que contrata y el Contratista, que consiste en un trabajo cooperativo de ambos para el éxito del Proyecto, ya que no se está frente a un ejecutor que sólo busca el beneficio propio. Este tipo de contrato se utilizó en la ejecución del Proyecto Juegos Panamericanos Lima 2019 con éxito y por ello se está aplicando por segunda vez en el Perú, en la realización de trabajos de reconstrucción con cambios del norte. Según Ames (2023), específicamente, en los proyectos de defensas ribereñas se aplican el tipo de contrato NEC 3 opción F, el cual es un acuerdo contractual donde el cliente asume la mayor parte del riesgo financiero y se realiza un reembolso de los costos incurridos. Una característica clave es la subcontratación, donde el contratista principal gestiona el proyecto subcontratando personal y empresas para realizar las actividades necesarias. Aunque este tipo de contrato sigue evolucionando, cabe destacar que la responsabilidad del contratista se limita al trabajo de construcción específico establecido en los datos contractuales. El gerente no puede solicitar trabajo adicional fuera de lo estipulado, ya que cualquier labor extra requeriría una nueva negociación entre las partes involucradas.

Sin embargo, a pesar de las ventajas que ofrece este enfoque y la importancia de estas obras para la mitigación de riesgos asociados a inundaciones y erosión costera en zonas

vulnerables, se ha identificado la existencia de desafíos, tales como desfases de tiempo de entrega, falta de coordinación entre los actores involucrados y desperdicios en el uso de recursos que requieren una atención particular, puesto que en estos tipos de proyectos involucran etapas como validación técnica, diseño detallado, obtención de permisos y gestionar las garantías sobre la posesión dentro del contexto de la ejecución de las soluciones planteadas.

Por otro lado, Carrillo (2022) presenta al sistema Last Planner como un método para planificar y programar colaborativamente. Según Stan y Cousins (2020) el Last Planner System se utiliza ampliamente en múltiples geografías, escalas de proyectos y fases de proyectos. El Last Planner System está posicionado para proporcionar estructura y transparencia al proceso de diseño de un proyecto. En un proyecto tradicional donde el diseño se realiza de forma autónoma en gran parte de los usuarios o constructores, Last Planner System puede establecer hitos para las decisiones, generalmente de abstractas a específicas. Si bien el Last Planner System se asocia con mayor frecuencia con un enfoque Lean para la construcción, también puede ser aplicado a la fase de diseño con beneficios potenciales para las mejoras en la organización y seguimiento de la manufactura y una mayor colaboración en la toma de decisiones de diseño.

En el contexto del proyecto de la Defensa Ribereña del río Lacramarca, gestionado bajo el marco de contrato NEC 3 Opción F, la ausencia de una metodología como el Last Planner System (LPS) podría derivar en una serie de problemas significativos. La falta de coordinación efectiva entre los equipos podría generar errores en el diseño, retrasos en la entrega de hitos críticos, y un incremento en los costos debido a cambios no planificados o conflictos en las actividades. Dada la complejidad, incertidumbre y el alcance de este proyecto, es crucial garantizar una gestión efectiva de los recursos, la programación y la coordinación de las actividades en la fase de diseño.

El LPS va a permitir que los involucrados en el proyecto trabajen de manera colaborativa en la definición de actividades detalladas, establecer secuencias lógicas y evaluar la factibilidad de los plazos propuestos. Así también, el establecimiento de compromisos claros y el seguimiento constante, pues LPS enfatiza la interdependencia de las tareas y establece la confiabilidad y la comunicación en la fase de diseño.

1.1.1. Problema general

- ¿Cómo se realizará la aplicación del Last Planner System en la Gestión de Proyectos durante la Fase de Diseño de Defensas Ribereñas con marco contractual NEC 3 Opción F?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera la aplicación del Last Planner System permite cumplir los plazos en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F?
- ¿De qué manera la aplicación del Last Planner System mejora los niveles de compromiso del personal en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F?
- ¿De qué manera la aplicación del Last Planner System evita sobre costos en la gestión del proyecto durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F?

1.2. Antecedentes

1.2.1. En el ámbito nacional

Pérez (2019) en su trabajo que trató sobre evaluar la productividad empleando Last Planner System (LPS) en la ejecución de un proyecto de infraestructura educativa, presentado a la Universidad Peruana de Los Andes; tuvo como propósito determinar el impacto generado por la aplicación del LPS sobre la eficiencia en la construcción del centro escolar I.E N°1110.

La hipótesis principal fue planteada y posteriormente verificada, donde afirmaba que el LPS produce mejoras significativas en materia relacionado a la producción de la construcción de dicho centro educativo. La metodología adaptada para este estudio fue de carácter científico, con un enfoque aplicado y un nivel de estudio descriptivo-explicativo y con diseño experimental. La población estudiada abarcó las tareas del proyecto. El muestreo utilizado fue no aleatorio o intencional, y las muestras consistieron en las partidas de la especialidad de estructuras, como acero, encofrado y desencofrado, y concreto, los cuales se obtuvo mayor influencia y costo en el módulo 1 de la institución educativa. Estas partidas estaban en la etapa de ejecución del proyecto. La conclusión principal del estudio fue que la implementación del LPS condujo a mejoras significativas en la productividad de la construcción en el centro educativo N°1110, demostradas por la ejecución completa del 100% de las partidas planificadas y el prevalecimiento de los objetivos del proyecto.

Este antecedente guarda relación con la presente investigación, ya que ambos abordan la influencia y los efectos positivos de la metodología del LPS en el sector constructivo, resaltando la mejora en el rendimiento y el cumplimiento de metas de ciertos proyectos.

Carrasco y Contreras (2021) su trabajo de investigación sobre la propuesta de aplicación del sistema metodológico Last Planner System (LPS) en proyectos de defensa ribereña bajo la modalidad de ejecución de obra por administración directa. Se tomó como caso de estudio la ejecución de un proyecto de construcción de una defensa ribereña del Rio Huatanay en el departamento del Cusco, presentada a la Universidad de Ciencias Aplicadas, este trabajo tuvo como meta principal desarrollar un modelo de gestión basado en métodos de gestión que permitan a las obras públicas cumplir con los cronogramas y presupuestos establecidos. La metodología aplicada fue la de observación y revisión de documentos relacionados. Esta investigación concluye que hay variadas causas que influyen en la construcción de un proyecto y puede ocasionar el incumplimiento de los tiempos establecidos

y la rentabilidad, se identificó la existencia de tres problemáticas centrales: la planificación, los aspectos logísticos en materia de insumos y el desorden organizacional. La evaluación demostró que el método de planificación convencional no permite detectar rápidamente las desviaciones en el proyecto ni responder a tiempo para evitar pérdidas. Por último, se estimó que el costo de implementar la metodología LPS en el caso de estudio es de 21,000 soles, incluyendo los gastos de capacitación y materiales administrativos necesarios para su correcta implementación.

Palacios y Vásquez (2021) realizaron una investigación comparativa sobre la productividad empleando dos sistemas, uno el Last Planner System (LPS) y uno convencional sobre la planificación en un proyecto constructivo de Villa San Antonio de Chiclayo. Su objetivo principal fue comparar la productividad en dicho proyecto empleando ambos sistemas de planificación. Establecieron cuatro niveles de programación con LPS, desde el cronograma maestro hasta la programación diaria, lo que permitió un flujo de trabajo eficiente, eficaz y efectivo para optimizar el proceso constructivo. Además de la comparación, buscaron recomendar una metodología óptima para implementar LPS en proyectos de vivienda. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, diseño no experimental y nivel descriptivo, enmarcada en el ámbito básico. Utilizaron análisis documental y cuadros comparativos. El análisis comparativo evidenció que LPS proporciona un mayor control y seguimiento de las actividades programadas, permitiendo prever y solucionar anticipadamente posibles paralizaciones. Este antecedente se relaciona con la presente investigación, ya que ambas exploran la eficacia y ventajas de LPS en la gestión de proyectos de construcción, con enfoques similares en la optimización del proceso constructivo y la mejora del control y seguimiento de actividades programadas.

Prada (2022) investigó sobre la aplicación del sistema Last Planner para construir viviendas modulares en sectores rurales de Ica. El objetivo principal fue determinar la

influencia de adoptar dicha metodología, y los objetivos específicos fueron determinar la planificación a largo plazo, el look-ahead y el plan semanal para su aplicación. La investigación fue de tipo básico, con enfoque cualitativo y diseño de investigación-acción basado en diagnóstico situacional. Los participantes fueron integrantes de la empresa EJM Edificaciones SAC involucrados en el proyecto. Se utilizaron entrevistas semiestructuradas y fichas de análisis documental. Los resultados concluyeron que la aplicación del Last Planner System tuvo un efecto positivo en la construcción de viviendas modulares, al igual que la planificación a largo plazo, el look-ahead y el plan semanal influyeron positivamente en la aplicación de esta metodología.

Ballesteros y Sotomayor (2023) presentaron su tesis titulada "Propuesta de una plataforma digital basada en la aplicación del Last Planner System (LPS) para la construcción de edificaciones multifamiliares en Lima Metropolitana, 2022" a la Pontificia Universidad Católica del Perú. El propósito principal fue desarrollar una propuesta de plataforma digital colaborativa fundamentada en el LPS para un proyecto de edificaciones. Los objetivos específicos incluyeron la identificación e incorporación de las variables clave para la implementación del LPS. Este estudio adopta un enfoque cualitativo, con un diseño no experimental, ya que no se manipulaban las variables, sino que se observan en su contexto natural. Es de tipo transversal porque los datos se recopilan en un instante específico y tiene un alcance descriptivo. La muestra del estudio consistió en ocho expertos en la planificación y control de proyectos de edificación. Se empleó la entrevista como técnica investigativa, facilitando el intercambio de información entre personas; en este caso, se empleó la entrevista semiestructurada para validar los factores del LPS. Los resultados de la aplicación de la plataforma concluyen que el método Delphi fue adecuado para validar las variables asociadas al LPS, logrando un consenso significativo entre los expertos, lo cual permitió establecer las variables consideradas en el marco teórico. Se determinó que, en el plan general, los factores

más importantes son los objetivos clave, el alcance delimitado, la secuencia de tareas críticas y los márgenes de tiempo. En la fase de planificación a mediano plazo, los factores esenciales son el período de tiempo, la división en áreas, los grupos de trabajo y el estudio de limitaciones. En la planificación semanal, los factores más relevantes son las tareas sin restricciones, los resultados y el flujo de demandas. Finalmente, la exhibición del modelo de la plataforma digital al grupo del caso práctico evidenció que esta herramienta resultaría muy beneficiosa para la programación de trabajos, así como para la administración de recursos y equipo humano.

1.2.2. En el ámbito internacional

Rodas (2020) realizó su estudio sobre las Metodologías Lean Construction y Green Building, destacando sus características principales e importancia en la implementación dentro del sector de la construcción en Colombia; presentado en la Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. El propósito de esta investigación es, dado el significativo papel del sector construcción en Colombia, y los avances tecnológicos junto a las nuevas tendencias, desarrollar nuevas metodologías para la gestión de proyectos constructivos. Así, se desarrollan las metodologías Lean Construction y Green Building, concebidas para optimizar los procesos en proyectos de construcción y minimizar los desperdicios de recursos y pérdidas. La metodología de investigación es fundamentalmente descriptiva; el estudio concluye que Lean Construction y Green Building son herramientas disponibles para perfeccionar los procesos en la ejecución de proyectos de construcción. Al aplicar estas metodologías, se pueden reducir significativamente problemas como los desperdicios y las pérdidas, además de estar alineadas con el desarrollo sostenible y ser respetuosas con el medio ambiente. Para su implementación exitosa, las empresas deben estar dispuestas a adaptarse al cambio.

Carrillo (2022) en su investigación sobre Implementación Last Planner System (LPS) en el proyecto Urban Salitre Zúrich E2, construido por Ménsula Ingenieros S. A., presentado a la Universidad de los Andes, Colombia; en donde como objetivo general se plantea la adopción

de la herramienta Last Planner System como parte de la filosofía Lean Construcción en el desarrollo urbanístico antes mencionado, proyecto que forma parte del portafolio de la Compañía Ménsula S.A.; El plan metodológico presentado para cubrir los objetivos se sintetiza en unos pasos que permitirán madurar la metodología de LPS, respondiendo a las necesidades del proyecto mencionado; previo al inicio del paso dos, se realizaron tres entrevistas de casos de éxito y desacierto en el ámbito nacional y una entrevista a un experto en la materia. Desde allí se pretenden cubrir los factores más relevantes en cuanto a la implementación de las herramientas Lean Construcción dentro de la idiosincrasia nacional, específicamente, en cuanto a la implementación del sistema Last Planner. Como conclusión la investigación señala que, transcurridos ocho meses de implementación de la herramienta de gestión para la programación propuesta Last Planner System (LPS) en el proyecto Urban Salitre Zúrich E2, el desempeño fue sobresaliente, con un PAC promedio del 76 %, +8,1 días de atraso con respecto al fin del proyecto y al inicio de entrega a propietarios, lo que representa una reducción del 60% del atraso con respecto a la torre 1, edificación desarrollada en el mismo plan parcial y por el mismo constructor y proceso constructivo. Además, se ajustó el programa de entregas a un escenario responsable para el modelo financiero y conservador ante la variabilidad de las actividades en ejecución. Así también, se ha encontrado de forma general una amplia disposición por parte de los involucrados a la filosofía Lean Construction (LC) y para adaptar una metodología replicable del Last Planner System al interior de la empresa Ménsula S.A, y recomienda la continuación de la construcción.

Carrillo (2022), en su estudio sobre la Implementación del Last Planner System (LPS) en el proyecto Urban Salitre Zúrich E2, ejecutado por Ménsula Ingenieros S. A., presentado a la Universidad de los Andes, Colombia, estableció como meta principal la aplicación de la herramienta LPS como parte de la filosofía Lean Construction en el desarrollo urbano mencionado, proyecto que es parte del portafolio de la Compañía Ménsula S.A. El plan

metodológico propuesto para cumplir los objetivos se resume en una serie de pasos que permitirán perfeccionar la metodología de LPS, atendiendo a las necesidades del proyecto citado; antes de iniciar el segundo paso, se realizaron tres entrevistas de casos exitosos y fallidos a nivel nacional y una entrevista a un especialista en la materia. Desde allí, se pretenden abordar los factores más importantes en cuanto a la implementación de las herramientas Lean Construction dentro de la idiosincrasia nacional, específicamente en la aplicación del LPS. Se dedujo que tras ocho meses de aplicación de la herramienta de gestión para la programación LPS en el proyecto mencionado, el desempeño fue notable, con un PAC promedio del 76 %, +8,1 días de retraso en comparación con la finalización del proyecto y el inicio de entrega a propietarios, lo que representa una disminución del 60% del retraso en comparación con la torre 1, edificación desarrollada en el mismo plan parcial y por el mismo responsable y método de construcción. Además, se ajustó el programa de entregas a un escenario responsable para el modelo financiero y conservador ante la variabilidad de las actividades en ejecución. También, se ha encontrado de manera general una amplia disposición por parte de los involucrados a la filosofía Lean Construction y para adaptar una metodología replicable del LPS dentro de la empresa Ménsula S.A., y se recomienda la continuación de la construcción.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Realizar la aplicación del Last Planner System en la Gestión de proyectos durante la Fase de Diseño de Defensas Ribereñas con marco contractual NEC 3 opción F.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar si con la aplicación del LPS se cumplen los plazos en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F.

- Determinar si con la aplicación del LPS mejoran los niveles de compromiso del personal en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F.
- Determinar si con la aplicación del LPS se evitan sobre costos en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F.

1.4. Justificación

La justificación de este trabajo se encuentra en la urgente necesidad de gestionar eficazmente los proyectos durante la etapa de diseño de defensas fluviales, especialmente en el contexto peruano donde se aplican los contratos NEC 3 Opción F. Estos proyectos demandan una gestión eficiente del tiempo, costo y calidad, lo que resalta la importancia de explorar estrategias y herramientas como el Last Planner System para enfrentar estos desafíos de manera más efectiva. El tema adquiere un valor trascendental debido a su estrecha relación con la seguridad de comunidades situadas en las cercanías de corrientes fluviales y masas de agua, así como en la protección y en salvaguarda de las infraestructuras y activos de gran importancia, ante los riesgos que representan las inundaciones por efectos de las lluvias y la erosión costera, exacerbados por fenómenos climáticos extremos como el Fenómeno del Niño.

La implementación del sistema Last Planner se propone como una alternativa prometedora para aumentar la eficiencia y eficacia en la gestión de proyectos durante la fase de diseño. La justificación de esta investigación se fundamenta en una serie de factores cruciales:

- La alineación con los lineamientos de la gestión de proyectos moderna. El marco contractual NEC promueve la colaboración y la gestión proactiva de riesgos, mientras que el Last Planner System enfatiza la transparencia y la responsabilidad compartida. Combinar estos enfoques puede fortalecer la gestión de proyectos complejos. Existe la oportunidad de pensar en la implementación del LPS como un modelo operativo para la gestión de proyectos durante

la fase de diseño. Aunque Last Planner System ha sido ampliamente estudiado en la construcción, su aplicación en la gestión durante la etapa de diseño de defensas ribereñas bajo el marco contractual NEC es escasamente explorada. Investigar esta aplicación específica llenaría un vacío y proporcionaría conocimientos valiosos para expertos y estudiosos especializados en el área.

- La puntualidad en la culminación de proyectos es otro factor central. Los contratos NEC demandan una alta planificación y gestión para garantizar el respeto de los plazos acordados. La aplicación del LPS puede incrementar la predictibilidad y la prontitud en la entrega de los proyectos.

Por ello surge la motivación de este tema de tesis cuyo título es “Aplicación de Last Planner System en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC 3 Opción F”.

El LPS va a permitir que los involucrados en el proyecto trabajen de manera colaborativa en la definición de actividades detalladas, establecer secuencias lógicas y evaluar la factibilidad de los plazos propuestos. Así también, el establecimiento de compromisos claros y el seguimiento constante, pues LPS enfatiza la interdependencia de las tareas y establece la confiabilidad y la comunicación en la fase de diseño.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- La aplicación del Last Planner System (LPS) va a permitir cumplir de manera efectiva con la gestión proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La aplicación del LPS permite cumplir con los plazos de la gestión proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F.

- La aplicación del LPS permite mejorar los niveles de compromiso del personal en la gestión proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F.
- La aplicación del LPS permite evitar sobre costos en la gestión proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Sistema del último planificador o Last Planner System (LPS)*

De acuerdo con Altertecnica (2022), el LPS es un sistema de planificación y control de la producción para proyectos de construcción, creado en los años 90 por Glenn Ballard y Greg Howell. Kennedy (2003) señala que el Last Planner System fue desarrollado para la industria de la construcción sin conocimiento previo de Lean, con el propósito de mejorar la fiabilidad de la planificación; no obstante, sus principios coinciden con los del Lean, incluyendo la planificación y el control basados en la responsabilidad.

Casas (2022) afirma que esta es la técnica más extendida del Lean Construction, enfocada en la planificación colaborativa y detallada de actividades, donde los participantes se comprometen con las fechas de inicio y finalización de tareas; esto mejora la visibilidad y transparencia en la planificación y ejecución del proyecto. Igualmente, Casas (2022) menciona que este método estructura el proceso de trabajo y maneja la variabilidad en la construcción; es un sistema de gestión de la producción que resalta la conexión entre la programación y el control de la producción para mejorar el uso de recursos.

Así también, Ornaghi (2021) destaca que este enfoque ofrece herramientas eficientes de planificación y control para manejar la incertidumbre o variabilidad en un proyecto, con el objetivo de asegurar la fiabilidad en la planificación y mejorar el desempeño durante la ejecución; para lograr esto, el sistema organiza la planificación en tres niveles y recomienda acciones específicas para cada uno; en este método, se involucra al grupo o individuo encargado de llevar a cabo la tarea, conocido como el último planificador; estos niveles muestran que comúnmente se anticipa completar más actividades de las que realmente es posible realizar.

El autor señala que la planificación en el Last Planner System se estructura en tres niveles. En primer lugar, la planificación general o programa maestro (“Se debe hacer”) comprende la programación de todas las actividades necesarias para construir los elementos estructurales, arquitectónicos y demás componentes del proyecto. En segundo lugar, la planificación intermedia (“Se puede hacer”) desglosa el programa maestro en fases más pequeñas, coordinando a los responsables de las diferentes áreas y considerando los requisitos previos y la información necesaria para ejecutar las actividades. Finalmente, la planificación semanal (“Se realizará”) define las tareas que se ejecutarán cada semana, evalúa el grado de cumplimiento de las actividades programadas y analiza las causas de los obstáculos que impiden su realización.

Figura 1

Niveles de planificación



Nota. Adaptación (Ornaghi, 2021).

2.1.2. Principios fundamentales del LPS.

El LPS se ha consolidado como un enfoque eficiente en la gestión de proyectos constructivos; su éxito radica en su enfoque colaborativo, centrado en la transparencia y la mejora continua alineados con la filosofía Lean (Pons y Rubio, 2019).

Asimismo, según los autores, los cinco principios fundamentales que sustentan este sistema y lo convierten en una herramienta poderosa de la filosofía Lean Construction son los siguientes. En primer lugar, se establece que no se debe iniciar el trabajo hasta que todos los elementos necesarios estén disponibles, con el fin de reducir el trabajo en condiciones subóptimas, frecuente en la gestión tradicional de la construcción. En segundo lugar, la ejecución de las tareas se mide y controla sistemáticamente, lo que permite disminuir la variabilidad en los flujos de trabajo. En tercer lugar, se analizan de manera constante las causas del incumplimiento, favoreciendo la mejora continua a través de la aplicación de los ciclos de Deming PDCA (Plan-Do-Check-Act). Un cuarto principio consiste en mantener un conjunto de tareas de respaldo (buffer) conocidas para cada equipo, de modo que, si una tarea asignada no puede ejecutarse, el equipo pueda pasar a otra actividad sin afectar de forma significativa la productividad. Finalmente, en la planificación a mediano plazo se preparan de manera proactiva los requisitos previos para las tareas siguientes, garantizando que estos estén disponibles antes de su ejecución y operando bajo un enfoque “pull”, en el cual las tareas solo se asignan cuando sus requisitos han sido asegurados.

2.1.2.1. Filosofía Lean. Pons (2014) señala que este pensamiento fue creado e implementado por Taiichi Ohno, quien era el líder productivo de Toyota durante la etapa posguerra de la Segunda Guerra Mundial en Japón, por una necesidad específica: la fabricación de lotes pequeños, con una extensa variedad de productos y en un entorno de baja demanda con el objetivo de suprimir actividades que no representan valor en la línea de producción; este enfoque, conocido como el Toyota Production System, se expandió por Japón a partir de los años 50; desde entonces, diversos autores han profundizado en sus principios y en cómo aplicarlos en una amplia gama de industrias y contextos empresariales bajo el término “Lean” para referirse al sistema utilizado por Toyota.

Además, Fustamante (2014) explica que Lean es una palabra inglesa que significa "sin pérdidas" y que fue popularizado por los británicos James P. Womack, Daniel T. Jones y Daniel Roos a través de dos libros: "The Machine That Changed the World" y "Lean Thinking".

A. Producción Lean o Lean Production. Según, Bravo (2023) la Producción Lean como enfoque gerencial y filosofía de manufactura, tiene como objetivo eliminar todo lo que no agrega valor desde la perspectiva del cliente, incluidos los desperdicios de tiempo, materiales y esfuerzo; el propósito fundamental subyacente a este enfoque es la maximización de la eficiencia, el aumento de la calidad de los productos o servicios ofrecido, a la vez que se minimizan los costos y la duración requerida para llevar a cabo los procedimientos de manufactura.

El autor identifica y destaca cinco principios claves que definen y sustentan la esencia de la producción Lean:

- La importancia de comprender qué es lo que el cliente considera valioso en un producto o servicio es el punto de partida esencial. Esto se traduce en la necesidad de comprender en profundidad qué es lo que realmente aporta valor para el cliente y en qué áreas está dispuesto a invertir. Este enfoque permite direccionar los esfuerzos y recursos hacia la creación de productos y servicios que atiendan de manera efectiva las auténticas necesidades y expectativas del cliente.

- Una vez definido el valor desde el punto de vista del cliente, se sugiere la necesidad de mapear el flujo de valor. Este paso implica entender y analizar exhaustivamente el proceso completo desde su inicio hasta la entrega final al cliente. Este análisis holístico permite la identificación de cuellos de botella, áreas de despilfarro y oportunidades de mejora a lo largo del flujo de trabajo.

- Se destaca la relevancia de crear un flujo continuo en los procesos de producción. Esto implica la configuración de una secuencia ininterrumpida y equilibrada de producción, con la

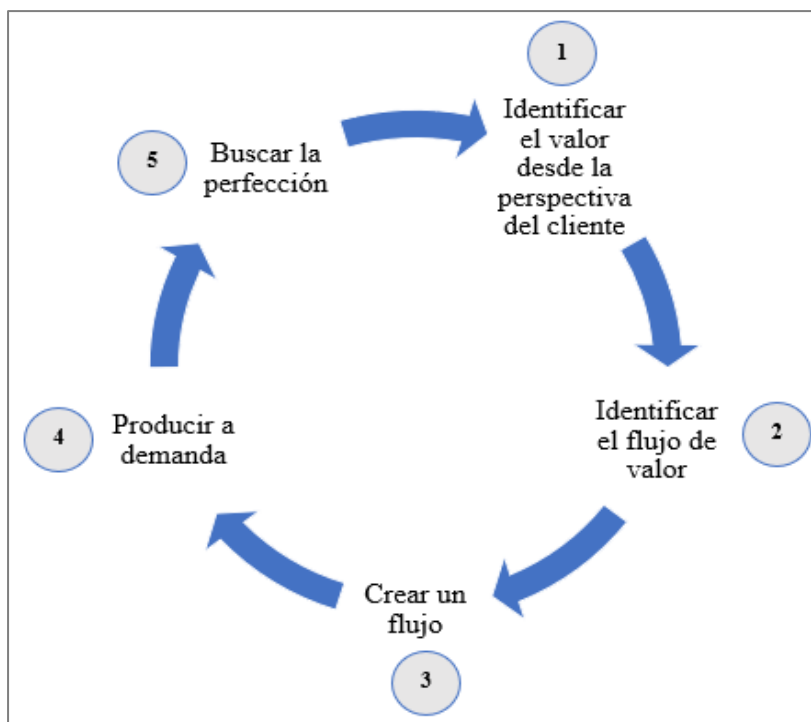
finalidad de eliminar interrupciones y demoras innecesarias en el proceso. La consecución de este flujo ininterrumpido consigue un acortamiento en los plazos de ejecución de espera y de ciclo, lo que a su vez contribuye a una mayor eficiencia en la totalidad del proceso.

- El principio de producir de acuerdo con la demanda, conocido como el concepto Justo a Tiempo (Just-In-Time), se erige como un pilar fundamental en la producción Lean. Este enfoque está orientado a la producción basada en la demanda efectiva del cliente, evitando así la acumulación excesiva de inventario y los costos asociados. La premisa fundamental reside en producir únicamente lo que es necesario, en la cantidad requerida y en el momento exacto.

- La búsqueda constante de la excelencia mediante la mejora constante. Esta filosofía de mejora constante se expande a todos los niveles de la organización, promoviendo un ambiente en el que los empleados son incentivados a identificar y eliminar cualquier forma de despilfarro, mientras buscan siempre vías para optimizar tanto los procesos como los resultados obtenidos.

Figura 2

5 principios claves de Lean Production



En conjunto, estos principios interrelacionados según el autor proporcionan la base conceptual y operativa de la producción Lean, promoviendo una gestión eficiente, una calidad mejorada y la consecución de un equilibrio entre los costos y los resultados, en línea con los objetivos y demandas de los clientes y el entorno competitivo.

B. Construcción sin pérdidas o Lean Construction. Según Bustamante (2014) después de los años 90, el profesor Koskela del Centro de Investigación Técnica de Finlandia, en su investigación doctoral, introdujo un enfoque de gestión innovador llamado Lean Construction, la cual se inspiró en los principios de “Lean Production”.

Ramos y Salvador (2013) mencionan que Lean Construction es un enfoque innovador para administrar la producción en el sector de la construcción; al igual que Lean Production, esta teoría se enfoca en la reducción o eliminación de pérdidas; además, abarca el seguimiento y la mejora simultánea y continua en todas las áreas dentro del entorno de la construcción y el medio ambiente. De acuerdo con Paredes et al. (2023), el Lean Construction se configura como una perspectiva gerencial y una filosofía cuya finalidad es incrementar la eficacia y el desempeño en los proyectos de construcción, coincidente con la maximización del valor para el cliente y la eliminación de las ineficiencias en los procedimientos.

Calderón (2020) señala que las organizaciones que han implementado esta filosofía de producción han alcanzado importantes logros en cuanto a la disminución de gastos, incremento de la eficiencia, cumplimiento de fechas de entrega, optimización de la calidad, aumento de la seguridad, mejor manejo de riesgos y mayor agrado del cliente; este enfoque fomenta la colaboración, mejora la interacción, facilita una perspectiva global de todo el procedimiento, ayuda a la detección temprana de fallos y a una solución efectiva y rápida de problemas, y lleva a una mejor autonomía.

C. Desperdicios en la construcción. Calderón (2020) destaca que el enfoque en la eliminación de desperdicios es crucial, ya que los niveles de residuos en la construcción a nivel mundial son muy elevados; diversos estudios sobre los tipos de trabajo en la construcción muestran que aproximadamente un tercio de la producción en las obras está constituido por desperdicios; es posible sostener que el enfoque Lean Construction se fundamenta en la administración completa de la producción para la culminación oportuna de un proyecto de construcción; este método abarca la organización del proyecto desde su fase de diseño, incluyendo la ejecución, hasta su entrega definitiva.

Dentro de la metodología Lean, existen siete tipos de desperdicios que se busca reducir o eliminar, estos son:

Tabla 1

Los 7 desperdicios dentro de la metodología Lean

Desperdicios	Descripción	Ejemplo
Sobre producción	Cuando se produce en exceso o antes de lo necesario.	Planos adicionales (no esenciales, o muy detallados).
Tiempo de espera	Períodos de inactividad o tiempo ocioso.	Falta de documentos, retraso en la entrega de materiales, espera para la aprobación del presupuesto.
Transporte innecesario	Traslado innecesario de materiales en ese instante, desplazamiento interno de los distintos recursos.	Deficiente organización y ausencia de planificación en los flujos de materiales e información.

Sobre procesamiento	Tareas que no aportan valor al proyecto, eliminar acciones innecesarias y optimizar las actividades de apoyo.	Inspecciones excesivas o inspecciones duplicadas.
Inventarios innecesarios	Adquisición de materiales no necesarios en el momento, lo que genera inventario y requiere transporte a diferentes lugares.	Stock de materiales en obra innecesarios o antes de tiempo en obra.
Defectos de calidad	Mitigar defectos y equivocaciones que generan desperdicios, consumen material y mano de obra, y en general causan insatisfacción del cliente.	Errores en el diseño, mediciones y planos.
Movimientos innecesarios	Cualquier movimiento de personas, equipos o materiales que no sea necesario en el momento es un desperdicio.	Movimientos innecesarios por falta de orden y limpieza de la zona.

Nota. Adaptado de “Introducción a Lean Construction” por Pons (2014).

2.1.3. Metodología del LPS

El sistema Last Planner opera siguiendo una serie de pasos bien definidos para asegurar un flujo continuo de producción. Según Richert (2017), el primer y segundo paso buscan identificar el trabajo/actividades que se deben realizar y planificarlo, el tercer paso se enfoca en permitir que lo que se ha planificado se pueda realizar, el cuarto paso se enfoca en lo que se realizará y el último paso se enfoca en la mejora continua.

En resumen, Diaz (2021) indica que conforme se avanza en la programación, se alcanza un mayor detalle o desglose de actividades; generalmente este desglose se realiza de etapas de construcción a fases de trabajo, de fases a procesos, de procesos a operaciones, de operaciones a actividades o tareas; pues el sistema Last Planner concibe el proyecto como una secuencia

integrada de construcción, en lugar de una colección de tareas individuales planificadas y negociadas de forma aislada; finalmente, esto se logra mediante la gestión de compromisos establecidos por los últimos planificadores del proyecto.

Tabla 2

Nivel de planificación de Last Planner System

Nivel	Método	Objetivo
Planeación maestra contractual (DEBO)	Planeación conjunta con el cliente del proyecto.	Obtener un plan general de todo el proyecto e identificar los hitos o fechas importantes, la secuencia de construcción y, por ende, el traslape entre fases o actividades.
Planeación por fases (DEBO)	Planeación de fase para proyectos de gran tamaño o se compone de diversos sectores. Planeación de secuencia de actividades en proyectos de un solo sector. Intervienen todos los actores clave de la etapa, capaces de aportar información y/o recursos necesarios para asegurar un flujo de trabajo constante y previsible	Dividir el Plan Maestro en diversas fases/actividades, desarrollar planes de trabajo más detallados, con duraciones, responsables, fechas de inicio y finalización, y metas que el equipo del proyecto puede considerar alcanzables.

Planeación intermedia (PUEDO)	Planeación con una ventana de tiempo hacia adelante. (“n” semanas hacia adelante según el tiempo de abastecimiento de recursos, puede variar entre 3 y 8 semanas).	Obtener una lista de actividades para ejecutar (Inventario de Trabajo Ejecutable) y una lista de restricciones de actividades futuras.
Planeación semanal (HARÉ)	Planeación colaborativa basada en promesas y compromisos confiables de los últimos planificadores.	Elaborar un plan de trabajo comprometido con actividades específicas que cumplen con las condiciones necesarias para ser llevadas a cabo. Medir el porcentaje de promesas cumplidas (PPC).
Aprendizaje Y mejora continua (HIZO)	Revisión semanal con los últimos planificadores de los compromisos para conocer cuales se cumplieron y cuáles no.	- Analizar la causa de no cumplimiento. - Realizar un plan de acción para prevenir el incumplimiento nuevamente.

Nota. Adaptada de “Implementación de Last Planner System en un proyecto de Diseño” (p.12), por Gacharná, 2023.

2.1.3.1. Roles y responsabilidades. De acuerdo con Pons (2014) el sistema Last Planner System destaca por un enfoque colaborativo donde diversos participantes del proyecto intervienen activamente en la planificación de tareas. Este método asigna roles y responsabilidades que se ajustan según las características del proyecto y la estructura organizativa, favoreciendo una toma de decisiones conjunta y alineada con los objetivos del proyecto, lo que contribuye a una ejecución más efectiva y predecible.

Tabla 3

Roles y responsabilidades

Roles	Descripción	Responsabilidades
Director de Proyecto	Responsable de supervisar y dirigir la aplicación del sistema Last Planner en el proyecto	Establecer los objetivos, coordinar los equipos y garantizar el respeto a los plazos y la adherencia a los estándares de calidad.
Gerente de Proyecto	Responsable que trabaja en estrecha colaboración con el director de Proyecto para asegurar que se respeten los propósitos del proyecto.	Encargado de la planificación estratégica del proyecto y de coordinar las actividades de los equipos involucrados.
Coordinador Planificador	Es el encargado de liderar la aplicación del sistema Last Planner en el día a día.	Participar desde la planificación inicial. Participar en las reuniones semanales. Controlar y comparar los objetivos propuestos y los logrados.

		Actualizar el inventario de tareas ejecutables
	La persona o grupo que realiza las asignaciones del trabajo que serán realizadas, se encuentran directamente en la ejecución y controlan el trabajo directo.	Participar desde la planificación inicial. Participar en las reuniones semanales. (Plan Semanal, Look Ahead, RNC, Métricas)
Último Planificador	Etapa de Diseño: Durante esta etapa puede ser el proyectista, responsables de cada disciplina o especialistas. Etapa de Construcción: Durante esta etapa son especialistas y subcontratistas.	Asegurar de tener los materiales, equipamiento e información necesaria. Revisar y levantar las restricciones.
Responsable de calidad y seguridad	Es el encargado de liderar la implementación del Last Planner System en el día a día.	Colabora con el Last Planner y el equipo de ejecución para identificar y corregir posibles desviaciones.

Nota. Adaptado de “Lean Construction: Herramientas para el control y gestión de proyectos” por Pons, 2014.

2.1.4. Herramientas y técnicas del LPS.

Según Ballard (2000), el Last Planner System (LPS) emplea diversas herramientas y técnicas que apoyan la planificación y ejecución de proyectos de construcción, abordando cada

nivel de planificación de manera estructurada para mejorar la eficiencia y reducir la incertidumbre en los proyectos.

2.1.4.1. Diagrama Gantt. Según Carrasco y Contreras (2021) es la representación gráfica de las actividades planificadas en un diagrama de barras, que evidencia la temporalidad y la secuencia de las tareas. Esta herramienta proporciona una visión integral de la ejecución del proyecto y destaca los hitos clave.

2.1.4.2. Planeación “Pull” o Pull Session. Según Pons (2014), esta herramienta facilita la colaboración y la coordinación entre todos los participantes del proyecto. ayuda a determinar la estrategia del proyecto, especialmente en lo referente a la planificación y las órdenes de producción de cada etapa, fomentando la coordinación entre los participantes y se realiza de atrás hacia delante, “programación de reversa”, para identificar las tareas necesarias para alcanzar el objetivo de la etapa, También, Mas (2022) indica que esta herramienta puede proporcionar información valiosa sobre la identificación temprana de restricciones, oportunidad de prefabricación y pre-ensamblaje fuera del sitio de construcción y toda aquella oportunidad de mejora para comprimir.

También, Pons (2014) recomienda los pasos a seguir en una Pull Session:

- Tomar del programa maestro las fechas de comienzo y finalización
- Identificar una etapa y las acciones que la forman.
- Definir cómo debe ejecutarse los trabajos (orden, duración ...)
- Emplear notas adhesivas de colores para identificar sus compromisos/necesidades sobre un panel dividido por sectores, especialidades o responsables, o utilizar una plataforma digital.

Figura 3

Panel visual digital para una Pull Session.



2.1.4.3. Plan a medio plazo – Look Ahead Plan. Espinoza (2021) menciona que se trata de un calendario de un número de semanas que ayuda a identificar las limitaciones y da tiempo para gestionar lo necesario (fuerza laboral, materiales, equipos, información y más) para las actividades que se realizarán en un futuro próximo.

Ballard y Howell (1998), recomiendan los pasos por seguir para implementar la herramienta Look Ahead Plan:

- Realizar un “zoom” al Panel Visual de la Pull Session y extraer una ventana de tiempo hacia adelante. (“n” semanas hacia adelante según el tiempo de abastecimiento de recursos, puede variar entre 3 y 8 semanas).
- Identificar paquetes de trabajo que se puedan realizar. (Inventario de Trabajo Ejecutable)
 - Detectar todas las restricciones que podrían causar fallos en la planificación.
 - Gestionar y liberar las restricciones.
 - Actualizar cada semana.

El formato del Look Ahead Plan varía según las necesidades y preferencias del equipo del proyecto, pero generalmente incluye los siguientes elementos, según Pons (2014):

- Actividades por ejecutar: Lista de todas las acciones que se ejecutaran durante el período cubierto por el plan, con descripciones detalladas si es necesario.
- Responsable: Indicación de quién es el encargado de llevar a cabo cada actividad.
- Fechas de inicio y fin: Establecimiento de las fechas programadas para el inicio y la finalización de cada actividad.
- Diagrama de Gantt: Representación gráfica de las actividades planificadas en un diagrama de barras, que evidencia la temporalidad y la secuencia de las tareas.

Figura 4

Formato Look Ahead Plan

LOOK AHEAD PLAN																																								
ID	ACTIVIDADES	FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA SÍ/NO	OCTUBRE										NOVIEMBRE																								
		INICIO	FIN			SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4					SEMANA 5														
						L	M	K	J	V	S	D	L	M	K	J	V	S	D	L	M	K	J	V	S	D	L	M	K	J	V	S	D	L	M	K	J	V	S	D
						16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	ENCOFRADOS																																							
	Encofrado A1	17/10/2023	30/10/2023	A.F.D	Sí																																			
	Encofrado A2	23/10/2023	5/11/2023	A.F.D	Sí																																			
	Encofrado A3	30/10/2023	5/11/2023	A.F.D	No																																			
	CONCRETO																																							
	Concreto A1 - solado	19/10/2023	21/10/2023	J.L.G	Sí																																			
	Concreto A2 - solado	26/10/2023	28/10/2023	J.L.G	Sí																																			
	Concreto A3 - solado	2/11/2023	4/11/2023	J.L.G	Sí																																			
	ACERO																																							
	Acero A1 - Placa	6/11/2023	15/11/2023	L.S.E	No																																			
	Acero A1 - Placa	10/11/2023	16/11/2023	L.S.E	No																																			
	Acero A1 - Placa	13/11/2023	19/11/2023	L.S.E	No																																			

2.1.4.4. Listado de restricciones. Según Pérez (2019) el análisis de restricciones de la planeación intermedia se presenta por medio de esquemas como tablas; las filas enumeran las posibles asignaciones, mientras que las columnas muestran las respectivas limitaciones de ejecución; cada categoría de restricción indica un posible responsable para resolverlas dentro de un plazo acordado.

Según Pons (2014), el formato del Listado de Restricciones puede incluir, como mínimo, la siguiente información:

- Actividad impactada
- Descripción de la restricción
- Acción o compromiso requerido
- Responsable de resolver la restricción
- Fecha acordada para resolver la restricción
- Fecha real de resolución

Figura 5

Formato de lista de restricciones

LISTA DE RESTRICCIONES						
ID	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	ACCIÓN/COMPROMISO	RESPONSABLE	FECHA COMPROMISO	FECHA REAL LIBERACIÓN

2.1.4.5. Inventario de trabajo ejecutable. Cornejo et al. (2017) señalan que esta herramienta incluye todas las tareas con alta probabilidad de ejecución; en otras palabras, es una lista de las tareas de la planificación Lookahead que han liberado sus restricciones.

Según Pons (2014), el formato del listado de restricciones generalmente incluye los siguientes elementos:

- Nombre de actividad
- Fechas de inicio-fin
- Responsables de ejecución
- Estatus de liberación

Figura 6

Formato de inventario de trabajo ejecutable (ITE)

INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE					
ID	ACTIVIDADES	FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA SÍ/NO
		INICIO	FIN		
	ENCOFRADOS				
	Encofrado A1	17/10/2023	30/10/2023	A.F.D	Sí
	Encofrado A2	23/10/2023	5/11/2023	A.F.D	Sí
	CONCRETO				
	Concreto A1 - solado	19/10/2023	21/10/2023	J.L.G	Sí
	Concreto A2 - solado	26/10/2023	28/10/2023	J.L.G	Sí
	Concreto A3 - solado	2/11/2023	4/11/2023	J.L.G	Sí

2.1.4.6. Plan de trabajo semanal. Según Cornejo et al. (2017), una vez creado el inventario de trabajo ejecutable, se puede elaborar un Plan de Trabajo Semanal; esto consiste en seleccionar un conjunto de actividades del ITE que se llevarán a cabo durante la semana siguiente.

Según Pons (2014), el formato del plan de trabajo semanal puede contener al menos la siguiente información:

- Actividad para ejecutar.
- Responsable de la actividad.
- Compromiso asumido (cantidad de obra en términos de cantidad o porcentaje).
- Avance real.
- Diagrama de Gantt (si lo requiere)

Comisionamiento Nivel de compromiso (CL), Porcentaje de actividades requeridas (PRC), variación de hitos (MV), porcentaje de promesas cumplidas (PPC).

Nota. Tomado de “Last Planner System 2.0” por Gleen, 2019.

2.1.5.1. Variación de hitos (MV), o Milestone variance. Según Díaz (2021), es la variación en días de los hitos del proyecto, si es negativa, quiere decir que el proyecto se encuentra adelante de la programación, si es positivo quiere decir que el proyecto está atrasado frente a la programación.

$$MV = \text{Hito Cumplido} - \text{Hito Planificado}$$

2.1.5.2. Nivel de compromiso (CL), o commitment level. Según Díaz (2021), es el porcentaje de actividades requeridas que el equipo se ha comprometido en la programación semanal. Esta se calcula al inicio de la programación semanal.

$$CL = \frac{\text{\# de actividades requeridas comprometidas}}{\text{\#total de actividades requeridas en la programación semanal}}$$

2.1.5.3. Porcentaje de actividades requeridas (PRC). Según Díaz (2021), es el porcentaje de actividades requeridas que se cumplieron por el equipo de trabajo. En esta métrica se incluyen todas las actividades críticas incluso las que no se hayan programado al inicio de la semana. Esta métrica a diferencia del PPC, evalúa solo las actividades requeridas.

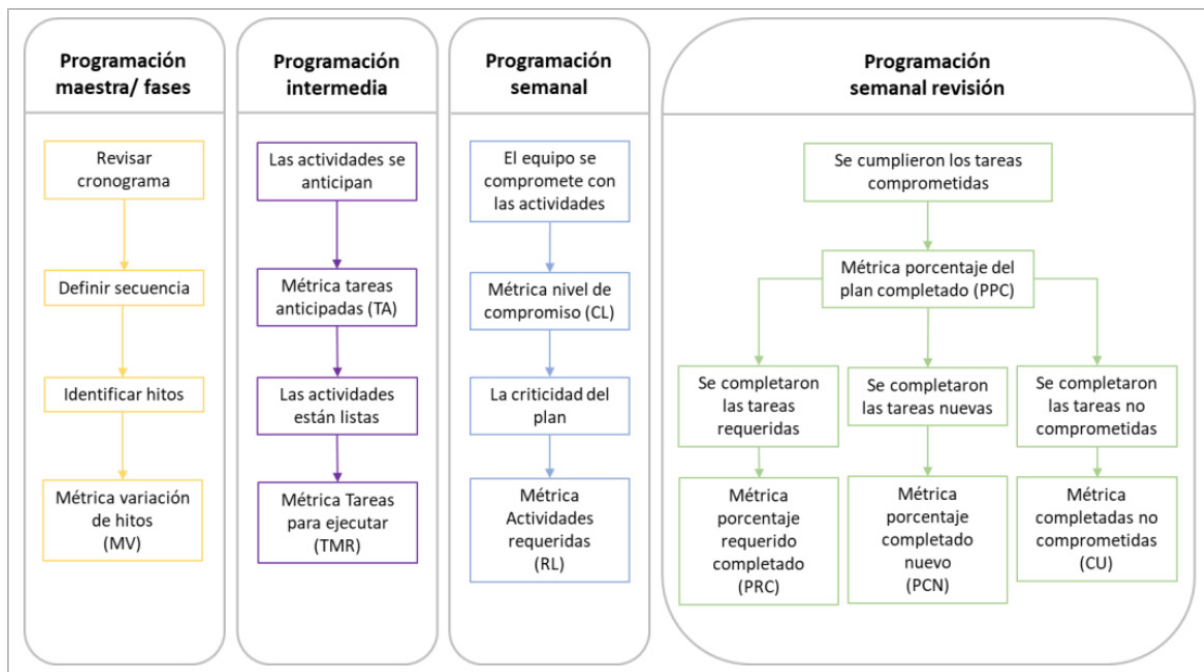
$$PCR = \frac{\text{\# de actividades requeridas completadas}}{\text{\# actividades requeridas totales}}$$

2.1.5.4. Porcentaje de promesas cumplidas (PPC). Según Díaz (2021), es el porcentaje de actividades que se cumplieron por el equipo de trabajo. Miden el porcentaje de tareas finalizadas en su totalidad.

$$PPC = \frac{\# \text{ de actividades completadas}}{\# \text{ actividades totales}}$$

Figura 8

Estructura de métricas



2.1.5.5. Los 5 ¿Por qué? Según Medina (2024), la técnica de los "5 Por qué" es un método para analizar la causa raíz utilizada para determinar el factor causante de una problemática o una situación no deseada; este método se fundamenta en la premisa de que detrás de cada problema hay una serie de causas que lo han generado, y al hacerse 5 preguntas repetidas se puede alcanzar a la causa central que origina la problemática.

2.1.6. Gestión de proyectos de construcción

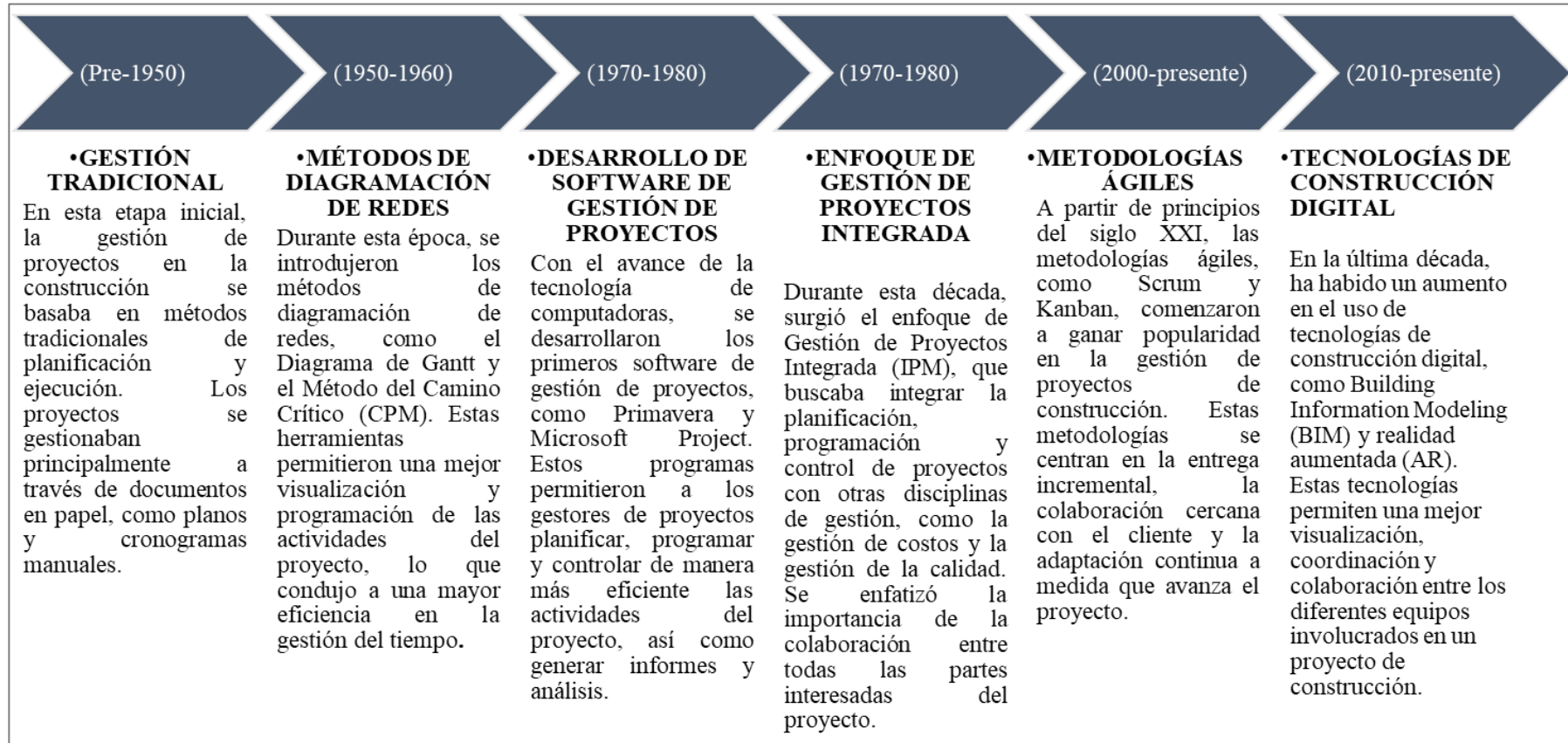
Según el Project Management Institute (PMI, 2013), la dirección de proyectos de construcción se describe como la utilización de conocimientos, competencias, herramientas y técnicas en las tareas de un proyecto de construcción con el fin de satisfacer con los requisitos del proyecto; esta definición subraya la implementación de las directrices de gestión de proyectos específicamente en el ámbito de la construcción; así mismo, el autor indica que la gestión de proyectos de construcción abarca la coordinación de diversos recursos y actividades para alcanzar las metas del proyecto, que pueden incluir la edificación de estructuras, infraestructuras, sistemas de transporte, entre otros; la gestión óptima de proyectos de construcción requiere una planificación minuciosa, la correcta asignación de recursos, el monitoreo del progreso, el manejo adecuado de riesgos y una comunicación fluida entre todas las partes involucradas (PMI, 2013).

2.1.6.1. Historia de la gestión de proyectos de construcción. La manera en que se administran los proyectos de construcción ha cambiado considerablemente con el paso del tiempo; en sus inicios, la gestión de proyectos se basaba en métodos tradicionales de planificación y ejecución, con poca estandarización y formalización de procesos; con el tiempo, se han desarrollado enfoques más estructurados y metodologías específicas para la gestión de proyectos, como el enfoque de Gestión de Proyectos Integrada (IPM) y las metodologías ágiles de; además, el progreso tecnológico ha promovido el surgimiento de herramientas y software especializados para administrar proyectos de construcción, como Building Information Modeling (BIM) y Sistemas de Gestión de Proyectos (PMS); esta evolución ha contribuido a mejorar la eficiencia, la calidad y la gestión de riesgos en el sector constructivo (PMI, 2013) .

A lo largo del tiempo aparecen diferentes metodologías y estándares que deben ser aplicadas desde la particularidad de cada proyecto, el país, la industria e incluso la compañía; estas metodologías no son excluyentes, cada una aporta una visión diferente (PMI, 2013).

Figura 9

Línea de tiempo general de la gestión de proyectos



2.1.6.2. Metodologías de gestión de proyectos. Según Bustamante (2014) en la gestión de proyectos de construcción, existen varios enfoques y metodologías que pueden utilizarse según las demandas específicas del proyecto y las preferencias del equipo a cargo. se describen algunos de los tipos más habituales de gestión de proyectos de construcción:

A. Gestión tradicional o predictiva. También conocida como enfoque de cascada, este tipo de gestión de proyectos implica una planificación exhaustiva y detallada desde el principio del proyecto; se establecen objetivos y entregables claramente definidos, y el proyecto avanza continuamente por medio de fases distintas, como diseño, adquisición de materiales, construcción y entrega; este enfoque es adecuado para proyectos con requisitos estables y bien definidos (Fustamante, 2018).

B. Gestiones ágiles. Aunque inicialmente diseñadas para proyectos de software, las metodologías ágiles, como Scrum o Kanban, también se han aplicado con éxito en proyectos de construcción; estas metodologías se centran en la entrega incremental, la flexibilidad para adaptarse a cambios y la colaboración cercana entre los equipos; son útiles en proyectos donde los requisitos pueden cambiar durante el desarrollo o cuando se requiere una rápida respuesta a las necesidades del cliente (Fustamante, 2018).

C. Gestión Lean Construction. Inspirada en los principios del Lean Manufacturing, la estrategia Lean Construction se enfoca en maximizar el beneficio y reducir las pérdidas en el proceso de construcción; se enfoca en prescindir de tareas superfluas y agilizar los flujos de trabajo y la mejora continua de la eficiencia; este enfoque es adecuado para proyectos que buscan reducir costos, mejorar la productividad y acelerar los plazos de entrega (Fustamante, 2018).

D. Gestión de proyectos Integrada (IPM). La gestión de proyectos integrada busca coordinar todas las disciplinas y equipos involucrados en un proyecto constructivo, desde la etapa de diseño hasta la fase de construcción y la entrega; se enfoca en colaborar estrechamente,

comunicar efectivamente y la toma de decisiones compartida entre todas las partes interesadas; este enfoque es particularmente útil en proyectos grandes y complejos que involucran múltiples contratistas y subcontratistas (Fustamante, 2018).

E. Gestión de proyectos basada en resultados. Este enfoque se centra en definir claramente los resultados u objetivos deseados del proyecto y luego trabajar hacia su logro; se prioriza el valor entregado sobre la adherencia estricta a los procesos y procedimientos; es útil en proyectos donde los resultados finales son más importantes que el cumplimiento de requisitos específicos (Fustamante, 2018).

2.1.7. Defensas ribereñas

Según Cahuana (2016), una defensa ribereña es una estructura hidráulica diseñada para proteger las márgenes de los ríos frente a procesos erosivos e inundaciones, con el fin de salvaguardar tanto la infraestructura como la población asentada en zonas vulnerables; las defensas ribereñas pueden clasificarse en estructuras como enrocados, gaviones y muros de contención, diseñadas para disipar la energía del flujo de agua, estabilizar márgenes y prevenir la erosión, dependiendo de las condiciones geotécnicas y hidráulicas del área de intervención

2.1.7.1. Tipos de defensas ribereñas. Existen varios tipos de defensas ribereñas, cada una adecuada para diferentes condiciones geográficas, climáticas y económicas. Los principales tipos incluyen:

A. Diques. Son barreras construidas a lo largo de las riberas para evitar que el agua del río se desborde; pueden ser de tierra, concreto o materiales combinados, dependiendo de las características del terreno y los riesgos de inundación; se usan en áreas con suelos estables y cuando se necesita protección frente a grandes volúmenes de agua (Cahuana, 2016).

B. Muros de contención. Estos muros, a menudo de concreto o piedra, son diseñados para resistir la presión del agua y estabilizar las márgenes de los ríos, evitando la erosión del

terreno; son comunes en áreas urbanas donde se necesita una protección más robusta y duradera (Swain y Maharathi, (2023)).

C. Gaviones. Estructuras de malla metálica rellenas con piedras, utilizadas principalmente en ríos con caudales fluctuantes; son flexibles, económicas y permiten una rápida instalación, lo que las hace ideales para zonas de difícil acceso o con recursos limitados (Swain y Maharathi, 2023).

D. Espigones y rompeolas. Son estructuras diseñadas para modificar el flujo del agua y proteger las riberas de la erosión; los espigones, a menudo de concreto o acero, desvían el curso del agua, mientras que los rompeolas protegen áreas costeras y ribereñas de la erosión causada por olas y corrientes (Cahuana, 2016).

E. Revestimientos vegetativos. Son soluciones ecológicas que utilizan plantas para estabilizar las riberas y ayudan a prevenir la erosión mientras mantienen el equilibrio ecológico, permitiendo la regeneración natural de los hábitats ribereños (Swain y Maharathi, 2023).

2.1.8. Fase de diseño

2.1.8.1. La fase de diseño en el plan de trabajo RIBA 2020. El Royal Institute of British Architects en el Royal Institute of British Architects (RIBA) Plan of Work 2020 define todas las fases del diseño y construcción en ocho etapas específicas, cada una con tareas clave para guiar el desarrollo de los proyectos. Estas fases son las siguientes:

- Etapa 0: Definición estratégica
- Etapa 1: Preparación y planificación de la base del proyecto.
- Etapa 2: Diseño conceptual
- Etapa 3: Coordinación espacial
- Etapa 4: Diseño técnico
- Etapa 5: Construcción
- Etapa 6: Entrega

- Etapa 7: Uso y operación

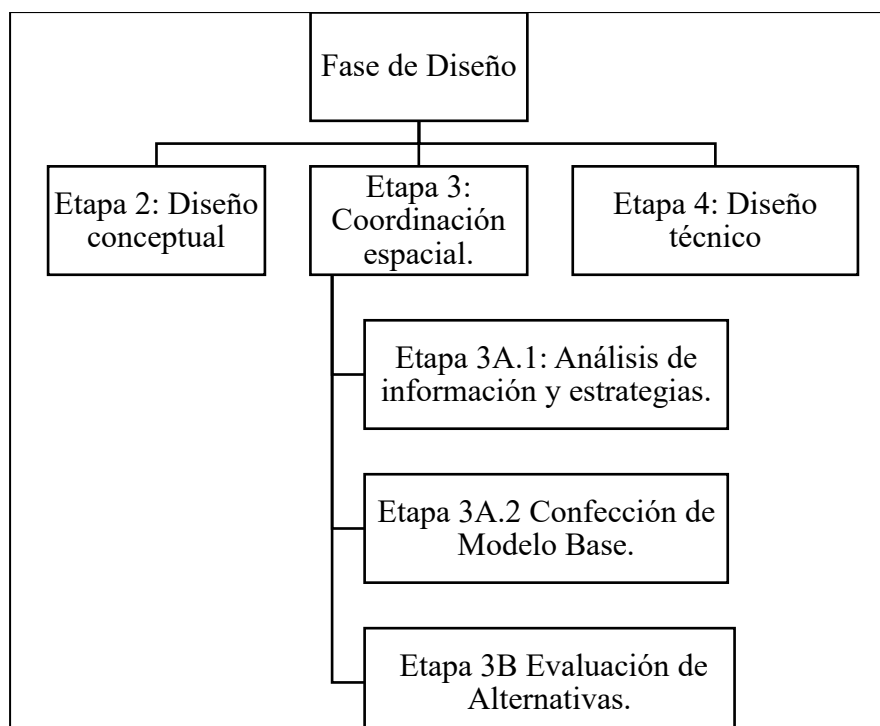
Particularmente, la fase diseño, en el marco del contrato NEC3, recomienda las Fases 3 y 4 del Plan de Trabajo 2020 del RIBA (Royal Institute of British Architects), que comprende desde el análisis de la documentación previa proporcionada por la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios hasta el diseño definitivo, junto con la reducción y tramitación de los instrumentos que deben permitir obtener todas las autorizaciones requeridas para la realización de las obras, incluyendo sin ser limitativo a los permisos ambientales, arqueológicos, canteras y otros, así como otros estudios que se puedan requerir durante la etapa de construcción.

Este Plan de Trabajo 2020 del RIBA organiza la Fase de Diseño en tres etapas:

- Etapa 2 - Diseño Conceptual
- Etapa 3 - Coordinación espacial.
- Etapa 4 - Diseño Técnico.

Figura 10

Plan de trabajo 2020 - fase de diseño



2.1.8.2. Etapa 2 - Diseño conceptual. Se trata de la fase inicial, tiene como objetivo final disponer de un modelo global de la cuenca, validado por las partes, con el que poder analizar las soluciones propuestas y las soluciones alternativas optimizadas.

Al tratarse de la primera fase, se inicia con un reconocimiento de la información disponible y del sitio, del cual se obtenga una planificación detallada de los todos los trabajos en sus diferentes componentes:

- Análisis y validación de la información disponible. El subcontratista diseñador revisará toda la información disponible analizando la calidad de esta y los faltantes para abordar el resto de las etapas.

- Complemento de la información. Si del análisis de información surgen faltantes se detectan fuentes de información secundaria que no han sido consultadas en los trabajos antecedentes, el Subcontratista Diseñador recopilará esta información con la finalidad de optimizar el Diseño.

- Reconocimiento del sitio. A lo largo del proyecto deberá realizarse diversos recorridos del sitio, cada uno de ellos será planificado de acuerdo con la escala de trabajo de cada fase. En esta primera etapa el Subcontratista Diseñador deberá realizar una serie de recorridos de campo con los diferentes especialistas que permitan a su equipo tener un conocimiento básico de la cuenca con el que poder planificar los trabajos con éxito.

- Planificación de los trabajos. Tras el análisis de la información y los primeros recorridos de campo, el Subcontratista Diseñador deberá realizar una planificación detallada de los trabajos y enviar un cronograma. El objeto de esta planificación será, especialmente, la definición de los diferentes tramos en los que se dividirá el diseño de detalle para permitir iniciar las obras en modalidad fast track.

- Modelización hidráulica. Con la información analizada y complementada y con los trabajos planificados, se construirá la modelización hidráulica de toda la cuenca en su conjunto,

que deberá ser utilizado para simulación de un escenario equivalente a la línea base (situación actual) y un escenario equivalente para las obras propuestas por los Planes de Inundación.

2.1.8.3. Etapa 3 - Coordinación espacial. Las soluciones contempladas en el Estudio de Perfil con declaración de viabilidad no tienen por qué ser las definitivas. Precisamente, en esta fase será necesario analizar alternativas y definir las soluciones óptimas. Para ello deberá realizarse un análisis multicriterio que permita evaluar la procedencia y efectividad del efecto laminador de las presas. Para las defensas ribereñas deberán plantearse alternativas basadas en infraestructura verde, debiendo seleccionar también entre soluciones grises y verdes mediante otros análisis multicriterio.

Adicionalmente se deberá contemplar una evaluación coste-beneficio que permita justificar el periodo de retorno de diseño, la altura óptima de diques y obras de protección y la viabilidad de las presas. El análisis contemplará la cuantificación cartográfica del daño con y sin intervenciones a infraestructura social, infraestructura de comunicación y energética y a los usos agrícolas e industriales, entre otros. Además, debe contemplarse en los análisis el inventario del medio natural, cultural, social y arqueológico.

Dentro de los análisis realizados se deberá incorporar la evaluación de los siguientes componentes: Diques preexistentes, Huaicos y flujos sólidos y Capacidad de desagüe de puentes, badenes e infraestructura transversal.

El propósito de los análisis anteriores es el de plantear soluciones alternativas, validarlas con el modelo confeccionado en la etapa anterior (RIBA 3A) y, finalmente, realizar el correspondiente análisis de alternativas para definir las actuaciones a diseñar y construir. Las alternativas y daños deberán ser valorados económicamente y consolidados para poder realizar los análisis costo-beneficio (RIBA 3B).

2.1.8.4. Etapa 4 – Diseño técnico. Una vez definidas las soluciones, se redactará, para cada uno de los tramos o secciones definidos, el correspondiente expediente de diseño de detalle. Es preciso indicar que no será necesario finalizar la fase 3B para iniciar la fase 4, algunas actividades, como la toma de datos en campo, deberán adelantarse y realizarse en paralelo a las fases 3A y 3B.

Los trabajos requeridos para realizar el diseño de detalle de las actuaciones que podrán derivarse de la etapa 3A.

- Inventarios de estructura e infraestructuras potencialmente afectadas. Durante el desarrollo de los diseños deberá inventariarse todas las estructuras e infraestructuras potencialmente afectadas. Para todas aquellas finalmente afectadas directamente deberá definirse la solución de reposición y para aquellas no afectadas directamente deberá definirse un plan para mitigar los riesgos de afectación.

- Obras temporales. Una vez definidas las soluciones definitivas, el equipo del diseñador junto con el equipo del gestor definirán el correspondiente procedimiento de construcción. Si fruto de este análisis surge la necesidad de definir algún elemento temporal, esta definición a nivel detallado se encuentra dentro del alcance del Diseñador.

- Gestión del tráfico. Si las construcciones tienen una afectación temporal a vías de comunicación terrestre, dentro del estudio de detalle se contemplarán las soluciones temporales a implementar. Si las afectaciones son definitivas y se requiere la reubicación de vías, en la definición de la reposición deberán contemplarse las afectaciones temporales y su solución definitiva.

2.1.9. Los contratos NEC

De acuerdo con Ames (2023) en el campo de la ingeniería y la construcción, los Contratos NEC, que significa "New Engineering Contracts", son un modelo de contratos estándar a nivel internacional. Sus principios esenciales son la claridad, la simplicidad, la

flexibilidad y el fomento de buenas prácticas en la gestión de proyectos, este tipo de contratos se han utilizado hace varios años atrás en diversos países.

Así mismo, Ames (2023), indica que estos contratos tienen como finalidad simplificar y mejorar la gestión de los proyectos. Estos contratos estándar son utilizados a nivel internacional y han demostrado ser especialmente eficaces en proyectos de construcción de gran envergadura y complejidad.

2.1.9.1. Origen y evolución de los contratos NEC. De acuerdo con Medina (2023) este tipo de contratos se originan en el Reino Unido, donde surgieron en el año 1993, como respuesta a la necesidad de fomentar la inversión pública y mejorar la ejecución de proyectos de construcción; a lo largo de los años, han experimentado varias ediciones, siendo la tercera (NEC3) y cuarta (NEC4) las más destacadas; estos contratos están diseñados para promover la colaboración y la eficacia en la gestión de proyectos, al tiempo que simplifican el lenguaje contractual y brindan claridad en las responsabilidades de las partes involucradas.

2.1.9.2. Características principales de los contratos NEC. Medina (2023) señala que una de las características distintivas de los Contratos NEC es su lenguaje claro y sencillo; dichos contratos, a lo largo de su evolución, han presentado diversas características; las más destacadas y que se han mantenido desde su origen son: flexibilidad, transparencia, simplicidad y eficaz gestión; están redactados de manera que los administradores y ejecutores del contrato comprendan fácilmente sus términos y responsabilidades, sin necesidad de recurrir a complejas interpretaciones legales, fomentando así la rapidez en la toma de decisiones en el lugar de trabajo.

Por otro lado, los Contratos NEC promueven un espíritu colaborativo entre las partes, lo que significa que todas las partes involucradas trabajan juntas hacia un objetivo común: la finalización exitosa del proyecto; se espera que compartan información relevante y colaboren

en el control y mitigación de riesgos para el proyecto, lo que se conoce como el principio de libros abiertos (Ames, 2023).

La gestión eficiente del proyecto es otra piedra angular de los contratos NEC. Estos contratos están diseñados para permitir una toma de decisiones ágil y sencilla, sin interrupciones en la ejecución del proyecto. El cronograma de ejecución se considera una herramienta de gestión en constante actualización, que se adapta a las circunstancias del proyecto. En cuanto a la gestión de riesgos, los contratos NEC enfatizan la identificación, evaluación y mitigación conjunta y colaborativa de los riesgos del proyecto, de modo que el equipo de trabajo aborde de manera coordinada los desafíos que puedan surgir durante la ejecución (Ames, 2023).

2.1.9.3. Clasificación de los contratos NEC. Los Nuevos Contratos de Ingeniería (NEC), según Ames (2023), es una familia de contratos estándar y está conformada por acuerdos para la realización de obras, la prestación de servicios y el suministro de bienes. Según el autor, son:

- The Engineering and Construction Contract (ECC)
- The Engineering and Construction Subcontract (ECS)
- The Engineering and Construction Short Contract (ECSC)
- The Engineering and Construction Short Subcontract (ECSS)
- The Professional Service Contract (PSC)
- The Professional Services Short Contract (PSSC)
- Framework Contract (FC) / Contrato de Marco
- Term Service Contract (TSC)
- Supply Contract/Short Supply Contract (SC/SSC)
- Dispute Resolution Services Contract (DRSC)
- Design Build and Operate (DBO)

- Alliance Contract (ALC)

2.1.9.4. The Engineering and Construction Contract (ECC). Según Ames (2023), el Contrato de Ingeniería y Construcción (ECC) proporciona 06 opciones de contratación, las cuales pueden ser seleccionadas en base al mecanismo de pago al contratista y considerar el nivel de riesgo asumido por el contratante y contratista. A continuación, cada una de estas opciones.

Tabla 5

Opciones de los contratos NEC

Opciones	Descripción
	- El contratista diseña un cronograma de actividades.
Opción A – Contrato de precio fijo con plan de actividades.	- El pago se realiza conforme se complete la ejecución según el cronograma de actividades y el precio fijo que ofertó el contratista. - El riesgo relacionado con el costo se transfiere al contratista.
Opción B - Contrato de Precio Fijo con “Bill of Quantities”	- El contratista diseña un cronograma de actividades e indica una cantidad de metrados para dichas partidas, es decir una “Lista de Cantidades”. - El pago se determina según el precio por unidad de medida de los trabajos realizados, basándose en las cantidades ejecutadas. - El mayor riesgo y recompensa del proyecto es para el contratista.
Opción C – Contrato de Precio Meta con Plan de Actividades	- El contratista elabora un cronograma de actividades.

Opción D – Contrato de Precio Meta con “Bill of Quantities”	<ul style="list-style-type: none"> - El pago se realiza conforme se complete la ejecución según el cronograma de actividades y el precio fijo que ofertó el contratista más una tarifa y se comparara con el precio objetivo. - En esta opción, las ganancias y pérdidas derivadas de la obra se reparten entre las partes involucradas; por ello el riesgo y recompensa del proyecto está compartido entre el contratante y el contratista.
	<ul style="list-style-type: none"> - El contratista diseña un cronograma de actividades e indica una cantidad de metrados para dichas partidas, es decir una “Lista de Cantidades”. - Se utiliza el metrado como base para calcular el pago, multiplicando el precio unitario por la cantidad de obra realizada más una tarifa y se comparara con el precio objetivo. - En esta opción, las ganancias y pérdidas derivadas de la obra se reparten entre las partes involucradas; por ello el riesgo y recompensa del proyecto está compartido entre el contratante y el contratista
	<ul style="list-style-type: none"> - Se devuelven todos los gastos realizados por el contratista, siempre que este compruebe su validez. - El cliente asume la mayor parte del riesgo y la posible recompensa asociada al proyecto.
Opción F – Contrato de Gestión (Management Contract)	<ul style="list-style-type: none"> - En esta modalidad, el contratista no realiza la obra de manera directa, sino que se encarga de la gestión, coordinación, diseño, organización y supervisión de los subcontratistas que llevarán a cabo el proyecto. El contratante solo tiene contacto con el

contratista, y es a este último a quien dirige el pago por los subcontratistas y de la comisión (fee) pactada por efectuar la función de gestor del proyecto.

- El mayor riesgo y recompensa del proyecto es para el contratante.
-

Nota. Adaptado de “Análisis del Modelo de Gestión Gobierno a Gobierno” por Portillo y Viera, 2020.

Según Medina (2019) estos contratos NEC ECC han adquirido relevancia en los últimos años, en especial a través de su modalidad NEC3 ECC opción F, con ciertas adaptaciones para peruanizarlos, utilizados por el Proyecto Especial para la Reconstrucción con Cambios.

2.1.9.5. Aplicación de los contratos NEC en el Perú. De acuerdo con Medina (2023), los Acuerdos entre Naciones o convenios de Gobierno a Gobierno ya no se hallan excluidos del alcance de aplicación de la Ley de Contrataciones del Estado; bajo esta modalidad, el Estado peruano pacta con otra Nación la adquisición de bienes, servicios u obras, a cambio de un desembolso; esta forma de contratación ha sido empleada por el Estado peruano durante muchos años, principalmente en el sector castrense; sin embargo, en los últimos años, tras los Juegos Panamericanos de Lima 2019, el Estado peruano ha venido acordando con otras Naciones para que estas le brinden el servicio de asesoría técnica en la administración de proyectos públicos.

Medina (2019) señala que, en los convenios de gobierno a gobierno, se ha establecido la responsabilidad de la nación extranjera de realizar procesos de selección a nivel global para escoger a los proveedores de bienes, servicios u obras requeridos para la ejecución del proyecto público, con quienes la Entidad nacional encargada del proyecto contratará directamente; así, el Estado extranjero no suscribe los acuerdos con los particulares, sino que es el Estado peruano

quien actúa como parte contratante utilizando los diversos modelos de contratos estándar de uso internacional, como los contratos FIDIC, NEC, entre otros.

Este modelo, como señala Medina (2019), se ha implementado en los siguientes proyectos:

- Juegos Panamericanos y Panamericanos de Lima - Reino Unido (Contratos NEC3).
- Reconstrucción con Cambios – Reino Unido (Contratos NEC3).
- Escuelas del Bicentenario - Reino Unido (Contratos NEC4).
- Aeropuerto Internacional de Chinchero - Corea del Sur (Contratos FIDIC).
- Hospitales Lorena y Sergio Bernales - Francia (Contratos FIDIC).
- Carretera Central - Francia (Contratos FIDIC).

2.1.10. Acuerdos gobierno a gobierno en el Perú.

Según Portillo y Viera (2020) un acuerdo gobierno a gobierno, también conocido como G2G (Government-to-Government) es una modalidad frecuente de contratación en el contexto global; su propósito es facilitar la transferencia de tecnología, bienes complejos, servicios y proyectos entre dos naciones; este tipo de convenio permite la adquisición de servicios del otro país bajo el marco legal establecido por la Ley de Contrataciones del Estado Peruano para este tipo de acuerdos.

Así mismo, Medina (2019) destaca que para la ejecución de proyectos de gran magnitud exige mecanismos de contratación altamente especializados y complejos; ante la falta de experiencia y herramientas legales adecuadas en el ámbito local, el Estado peruano recurre a la práctica habitual de suscribir acuerdos operativos con empresas extranjeras en el marco de convenios intergubernamentales.

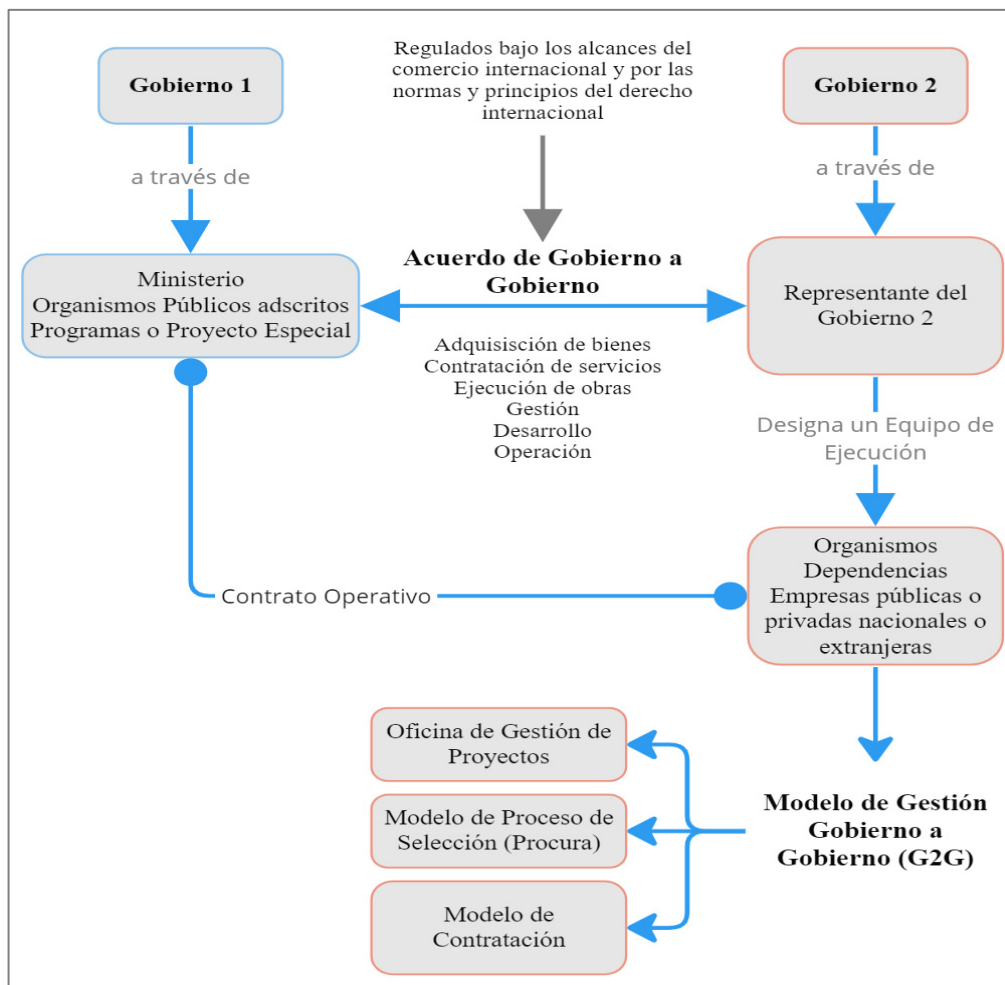
Estos acuerdos, como señala Portillo y Viera (2020), se concretan en un modelo de gestión que sirve como marco de referencia, donde se incluyen líneas de acción para llevar a cabo proyectos de infraestructura, basándose en el asesoramiento técnico internacional en

contrataciones y ejecución de obras; este tipo de contratos incorpora herramientas tecnológicas de modelos internacionales, tales como el modelo de contratos colaborativos, la adopción de una Oficina de Gestión de Proyectos (PMO) y la reducción de tiempos en las etapas de adquisición. Así mismo, Portillo y Vera (2020) señala que este modelo de gestión se caracteriza por:

- Asesoría de la oficina de gestión de proyectos (PMO).
- Modelo de proceso de contratación
- Modelo de contratos colaborativos

Figura 11

Contrataciones de gobierno a gobierno



III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

El tipo de estudio que se realizará es la investigación aplicada. Ya que, según Hernández et al. (2014), indica que este tipo se enfoca en la resolución de problemas prácticos y concretos, utilizando los conocimientos y métodos existentes para generar soluciones o mejoras en situaciones reales. Debido a que, en el presente caso de estudio, se está aplicando el Last Planner System (LPS) a la Gestión de Proyectos durante la Fase de Diseño de Proyectos de Defensas Ribereñas para evaluar su efectividad y eficiencia.

Así mismo, su alcance fue explicativo, debido a que según Kumar (2015), los estudios explicativos tienen como objetivo principal explorar las relaciones causa-efecto de los fenómenos estudiados. Ya que, en la investigación se busca comprender las relaciones causales entre las variables y explicar cómo la implementación del Last Planner System (LPS) influye en la gestión de proyectos durante la Fase de Diseño de Proyectos de Defensas Ribereñas.

Finalmente, su diseño es experimental, ya que según Hernández et al. (2014), el diseño experimental permite establecer relaciones causales entre variables mediante la manipulación de una o más variables independientes, para observar sus efectos sobre una o más variables dependientes. Pues, en la investigación se manipularon las condiciones de gestión de proyectos mediante la implementación del Last Planner Ssystem (LPS), para evaluar su impacto sobre el plazos, costos y nivel de compromiso durante la Fase de Diseño.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. *Temporal*

Este estudio tiene como ámbito temporal el periodo de mayo a diciembre 2023.

3.2.2. Espacial

Este estudio se ha realizado en el área correspondiente a la cuenca del río Lacramarca situado en el distrito de Chimbote, provincia de Santa, departamento de Ancash, para la construcción de las protecciones ribereñas del Río Lacramarca.

3.3. Variables

3.3.1. Variable independiente o de causa

Last Planner System.

3.3.2. Variable dependiente o de efecto

Gestión de proyectos durante la fase de diseño.

3.4. Población y muestra

Población

Para Hernández et al. (2014) la población es la agrupación de casos, objetos o unidades que se desea estudiar, y cuyas características concuerdan en todos ellos. Así también, Bernal (2010) señala que la población se refiere a la totalidad de elementos o individuos cuyas características son similares y que pueden conformar la unidad de análisis.

Entonces, la población está constituida por cincuenta (50) entregables, que abarcan los componentes de ingeniería de diferentes áreas de especialidad, tales como topografía, geotecnia, hidráulica, predial, medio ambiental, arqueológicos y social, distribuidos en las diferentes etapas del diseño técnico, los cuales deben ser desarrollados por la empresa subcontratista en el marco del Proyecto “Entrega de las Defensas Ribereñas del río Lacramarca”, bajo la supervisión de la empresa contratista principal.

Esta información corresponde a un proyecto de defensas ribereñas que ejecuto la empresa “X”, dicha empresa ejecutaba diferentes proyectos en diferentes provincias del Perú,

sin embargo, se trabajó con este proyecto debido a la disponibilidad de información completa y trazable, así como la participación directa del tesista en dicho proyecto.

Etapas del diseño técnico:

- Etapa 3A.1 Análisis de información y estrategias (5 Entregables)
- Etapa 3A.2 Confección de Modelo Base (17 Entregables)
- Etapa 3B Evaluación de Alternativas (12 Entregables)
- Etapa 4. Ingeniería Detalle (16 Entregables)

Figura 12

Componentes del proyecto Lacramarca

Componente de ingeniería:	Trabajos de campo de topografía	Trabajos de campo de geotecnia
Hidrologico y Modelamiento Hidraulico	Liberación de afectaciones prediales e interferencias	Ambiental
Arqueológico	Social	Relaciones públicas y políticas de buen vecino

Muestra

El muestreo que se realizó fue un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a la disponibilidad de información completa y trazable de los entregables seleccionados. Según Hernández et al. (2014), “el muestreo por conveniencia consiste en seleccionar los elementos accesibles que cumplan con ciertas condiciones, sin pretensión de representar a toda la población”. Esta estrategia permitió centrar el análisis en las etapas del proyecto donde efectivamente se aplicó la metodología Last Planner System (LPS), asegurando la validez del estudio en términos de seguimiento y contrastación de resultados.

En ese sentido, la muestra estuvo compuesta por 28 entregables técnicos, correspondientes a las siguientes etapas del componente de ingeniería del proyecto “Entrega de las Defensas Ribereñas del río Lacramarca”:

- Etapa 3B: Evaluación de Alternativas (12 entregables)
- Etapa 4: Ingeniería de Detalle (16 entregables)

Estas fases fueron seleccionadas específicamente porque constituyeron el ámbito de implementación del LPS y permitieron observar directamente sus efectos en la planificación y gestión de proyectos durante la fase de diseño.

Para complementar el análisis documental de los entregables, se aplicó una encuesta a los profesionales responsables de su elaboración, revisión o supervisión de los entregables incluidos en la muestra, con el propósito de diagnosticar el estado inicial de la gestión bajo el marco contractual NEC 3, Opción F. Estos encuestados correspondieron a especialistas de las distintas ramas involucradas en el proyecto, cumpliendo con el criterio de haber tenido participación directa en el ciclo de gestión de los entregables.

La justificación de su elección responde a la naturaleza colaborativa del contrato NEC, que promueve la integración de los diferentes actores técnicos en la planificación y control de los entregables. De esta manera, cada especialidad aportó información clave sobre el estado de sus entregables y la coordinación entre disciplinas, insumos fundamentales para evaluar la aplicación del Last Planner System (LPS).

El criterio de inclusión consistió en que los participantes hubieran tenido responsabilidad directa en la producción, revisión o supervisión de entregables técnicos durante la fase de diseño, garantizando que las respuestas reflejaran conocimiento real del proceso de gestión. De este modo, se aseguró que la muestra recogiera la visión de los actores técnicos clave bajo el marco contractual NEC, otorgando validez y pertinencia a los datos obtenidos.

La caracterización detallada de los encuestados, según especialidad, rol y experiencia, se presenta en el Anexo C.

3.5. Instrumentos

3.5.1. Técnica de recolección de datos

Para la presente investigación se empleó como única técnica de recolección de datos el análisis documental, considerada adecuada para estudios de tipo aplicado y experimental, donde se requiere recopilar información objetiva y existente sobre fenómenos en su contexto natural. Según Hernández et al. (2014), el análisis documental consiste en la revisión sistemática, crítica e interpretativa de documentos y registros relacionados con el objeto de estudio, con el propósito de obtener información relevante que pueda ser organizada, interpretada y utilizada como evidencia en una investigación. De manera complementaria, se aplicó una encuesta de valoración inicial a los profesionales responsables de los entregables seleccionados, con el objetivo de diagnosticar el estado inicial de la gestión en la fase de diseño bajo el marco contractual NEC 3, Opción F. Esta encuesta aportó información adicional sobre la percepción de la coordinación y el control de los entregables, sirviendo como insumo para contrastar el análisis documental. La caracterización de los encuestados se ha desarrollado en la sección 3.4.2 y se presenta en detalle en el Anexo C.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Para la presente investigación se utilizaron instrumentos de recolección de datos diseñados para registrar información tanto cuantitativa como cualitativa, con el fin de evaluar el impacto de la aplicación del Last Planner System (LPS) en gestión de proyecto durante la fase de diseño de un proyecto de defensas ribereñas.

Los instrumentos aplicados fueron los siguientes:

3.5.2.1. Cuestionario de diagnóstico inicial.

- Tipo: Cualitativo y cuantitativo, estructurado.
- Descripción: Cuestionario aplicado en la etapa previa a la implementación del sistema Last Planner System (LPS), diseñado para diagnosticar el estado inicial del proyecto en cuanto a planificación, control de plazos, identificación de restricciones y nivel de colaboración entre disciplinas.
- Dimensión asociada: Gestión de proyectos (fase pre-LPS).
- Uso: Permitió identificar las condiciones iniciales antes de aplicar el sistema LPS, facilitando el análisis comparativo posterior. El instrumento se presenta en el Anexo D.

3.5.2.2. Formato de registro de hitos (MV).

- Tipo: Cuantitativo, estructurado.
- Descripción: Matriz diseñada en Excel que contiene el listado de hitos planificados y sus respectivas fechas programadas y reales, permitiendo calcular la Variación de Hitos (MV). (Ver en el Anexo E).
- Dimensión asociada: Cumplimiento de Plazos.
- Uso: Recolecta la información desde los cronogramas y reportes semanales del proyecto.

3.5.2.3. Formato de compromiso semanal (CL).

- Tipo: Cuantitativo, estructurado.
- Descripción: Ficha de control que registra el porcentaje de actividades completadas versus planificadas cada semana, aplicando el indicador Nivel de Compromiso (CL) del LPS. (Ver en el Anexo F).
- Dimensión asociada: Compromiso del Personal.

- Uso: Elaborado con base en los registros del Plan Semanal y reuniones de planificación colaborativa.

3.5.2.4. Formato de control de costos.

- Tipo: Cuantitativo, estructurado.
- Descripción: Tabla que consolida los montos presupuestados y los costos incurridos por etapa del diseño, permitiendo identificar sobrecostos o ahorros. (Ver en el Anexo G).
- Dimensión asociada: Control de Costos.
- Uso: Elaborada a partir de reportes de avance financiero del proyecto.

Los instrumentos fueron elaborados por la investigadora, adaptados al contexto del proyecto y validados mediante revisión por expertos (asesores técnicos del área de planificación del proyecto).

3.5.3. Validación de instrumentos

Para garantizar la validez de contenido de los instrumentos utilizados en esta investigación, se aplicó el método de juicio de expertos, técnica ampliamente recomendada por autores como Hernández et al. (2014) y Sampieri et al. (2022). Este procedimiento consiste en someter los instrumentos a la revisión de especialistas con experiencia en el campo temático y metodológico de la investigación, con el fin de verificar que cada ítem sea pertinente, claro, coherente con la variable que pretende medir, y factible de aplicar en el contexto del estudio.

La ficha de validación que fue revisada por tres especialistas en el área de ingeniería y gestión de proyectos, con experiencia académica y profesional en metodologías colaborativas como el Last Planner System. Los expertos evaluaron los ítems correspondientes a las dimensiones de la variable dependiente (gestión de proyectos) y la variable independiente (aplicación del LPS), considerando si estos estaban formulados de forma comprensible, eran pertinentes al estudio y medían adecuadamente el fenómeno de interés.

Para la validación de los instrumentos, se aplicó el método de juicio de expertos, se empleó una escala de valoración ordinal de cinco puntos, en la que cada valor numérico representó un nivel de evaluación cualitativa: 1 correspondió a "Muy deficiente", 2 a "Deficiente", 3 a "Regular", 4 a "Adecuado" y 5 a "Muy adecuado".

La valoración permitió verificar la pertinencia, claridad y coherencia de los ítems, así como su adecuación al contexto del estudio. Las fichas firmadas por los expertos se encuentran consignadas en el Anexo H, donde se detalla su participación como validadores, seleccionados por su amplio expertise y juicio sobre el tema de investigación.

Los resultados de la evaluación por parte de los expertos se organizaron en la siguiente tabla resumen:

Tabla 6

Resumen de puntuación de validación por expertos

Ítem evaluado	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
Nivel de compromiso	5	5	5	5
Variación de Hitos	5	5	5	5
Costo real vs real	5	5	5	5

Como se observa, todos los ítems evaluados obtuvieron promedios superiores a 4, lo cual, de acuerdo con los criterios establecidos por Hernández et al. (2014), indica que los instrumentos cuentan con un nivel de validez de contenido aceptable y adecuado para su aplicación en la presente investigación.

3.6. Procedimientos

El presente estudio siguió un enfoque metodológico estructurado en seis etapas secuenciales, orientadas a aplicar, observar y evaluar el impacto del sistema Last Planner System (LPS) en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas, bajo el marco contractual NEC 3 Opción F. La secuencia metodológica fue diseñada siguiendo el enfoque cuantitativo y el diseño experimental, tal como plantea Hernández et al. (2014). A continuación, se describen las etapas desarrolladas:

3.6.1. Procedimiento

ETAPA 01 - Revisión documental, diagnóstico inicial y selección de entregables.

Se realizó una revisión exhaustiva de la documentación técnica y contractual del proyecto piloto en estudio (defensas ribereñas del río Lacramarca), incluyendo cronogramas de diseño, formatos de planificación, actas de reuniones, métricas semanales, informes de avance y reportes de costos. Esta información fue clave para identificar los entregables relevantes, estructurar las dimensiones de análisis y definir los instrumentos de recolección de datos.

Se realizó una revisión exhaustiva de la documentación técnica y contractual del proyecto piloto en estudio (defensas ribereñas del río Lacramarca), incluyendo cronogramas de diseño, formatos de planificación, actas de reuniones, métricas semanales, informes de avance y reportes de costos. Esta información fue clave para identificar los entregables relevantes, estructurar las dimensiones de análisis y definir los instrumentos de recolección de datos. Adicionalmente, como parte del diagnóstico inicial, se aplicó un cuestionario estructurado dirigido a los profesionales involucrados en la gestión de la fase de diseño. Este instrumento permitió identificar las condiciones previas a la implementación del sistema Last Planner System (LPS), evaluando aspectos como el nivel de planificación, identificación de restricciones, cumplimiento de plazos y colaboración entre disciplinas. Los resultados del

cuestionario sirvieron como línea base para el análisis comparativo posterior. El cuestionario aplicado se presenta en el Anexo I.

ETAPA 02 - Diseño y validación de instrumentos.

Con base en las variables e indicadores definidos, se diseñaron instrumentos de recolección de datos cuantitativos y cualitativos. Estos incluyeron formatos estructurados para registrar hitos, niveles de cumplimiento, costos y observaciones de campo. Los instrumentos fueron validados mediante revisión de expertos en planificación y control de proyectos, asegurando su pertinencia y coherencia con los objetivos del estudio.

ETAPA 03 - Aplicación del sistema Last Planner System (LPS).

Durante el periodo de estudio se acompañó la implementación progresiva de las herramientas del LPS (Look Ahead Plan, Pull Session, Plan Semanal, Lista de Restricciones y métricas de control), dentro del ciclo de planificación del diseño. Se documentó su funcionamiento mediante registros semanales, facilitando la observación directa del proceso de adopción y sus efectos operativos.

ETAPA 04 - Recolección de datos cuantitativos y cualitativos.

Se recopilaban datos cuantitativos mediante los formatos técnicos diseñados, los cuales registraron fechas programadas y reales de hitos, porcentajes de cumplimiento semanal y costos por etapa. Paralelamente, se realizaron observaciones no participativas en sesiones de planificación, con el fin de registrar evidencias sobre la aplicación del LPS, la participación de los actores y los desafíos del equipo de diseño.

ETAPA 05 - Sistematización y análisis preliminar.

La información recolectada fue organizada en matrices Excel para su posterior procesamiento. Se codificaron las fechas, porcentajes, montos y registros cualitativos,

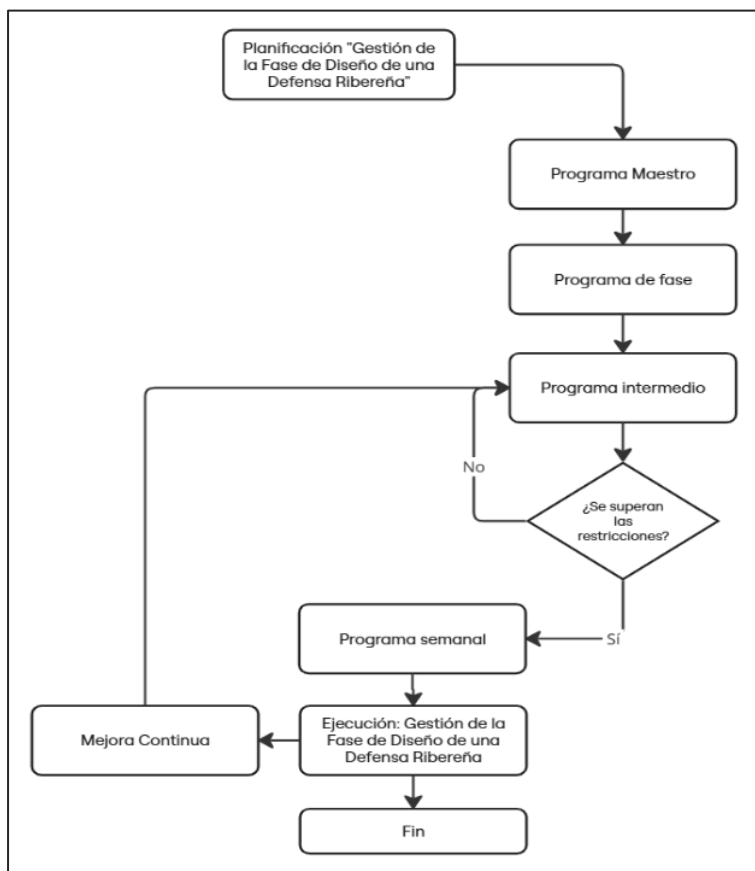
construyendo una base de datos estructurada. A fin de preparar el análisis estadístico, se aplicaron medidas descriptivas y herramientas de visualización para caracterizar los datos recolectados por dimensión.

Una vez sistematizada la información, se procedió al análisis de datos, el cual se detalla en el siguiente apartado (capítulo 3.8), incluyendo la selección de pruebas, tratamiento de los datos y herramientas utilizadas.

La secuencia metodológica implementada para la aplicación del sistema LPS en la fase de diseño se muestra en el siguiente flujo, adaptado al contexto del proyecto de defensas ribereñas.

Figura 13

Resumen de la Aplicación de Last Planner System



Nota. Elaboración propia a partir de Ballesteros y Sotomayor para la gestión del diseño de una defensa ribereña. (2023).

3.6.2. Ejecución del procedimiento

3.6.2.1. Primera etapa. La ejecución del procedimiento inició con una revisión exhaustiva de la documentación técnica y contractual del proyecto piloto “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Lacramarca”, donde se encontró información completa, trazable y condiciones viables para la aplicación del LPS. Complementariamente, se aplicó un cuestionario de diagnóstico inicial al equipo de diseño, cuyo objetivo fue evaluar las condiciones previas a la implementación del sistema Last Planner System (LPS), especialmente en cuanto a prácticas de planificación, seguimiento de plazos y niveles de colaboración interdisciplinaria. Este instrumento se encuentra incluido en el Anexo D y sus resultados aportaron insumos para la interpretación de la evolución del sistema a lo largo del proceso de diseño, la recopilación de datos se incluyó en el Anexo I.

A. Caso de estudio. Con el fin de alcanzar los propósitos establecidos en esta investigación, se tomó como caso de estudio la etapa de diseño del proyecto “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Lacramarca”, ubicado en el distrito de Chimbote, provincia de Santa, departamento de Áncash. Este proyecto forma parte del programa de prevención frente a inundaciones impulsado por la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC) y se ejecuta bajo el modelo de acuerdo Gobierno a Gobierno (G2G) entre el Perú y el Reino Unido.

El proyecto consta de 50 entregables para la fase de diseño y en base a esta revisión y diagnóstico, se delimitaron 28 entregables claves pertenecientes a las etapas donde se implementó formalmente el LPS:

- Etapas RIBA 3B - Coordinación espacial: Se seleccionaron 12 entregables que integran productos de compatibilización técnica entre especialidades, estudios multicriterio, modelos hidráulicos y análisis de interferencias.

- Fase RIBA 4 – Ingeniería de detalle: Se seleccionaron 16 entregables correspondientes a documentos finales del diseño, tales como planos para contratación, estudios hidráulicos, ingeniería de puentes, especificaciones técnicas y análisis de interferencias por subproyecto.

Figura 14

Ubicación política de la cuenca del río Lacramarca



La siguiente tabla presenta el listado completo de los entregables evaluados por etapa:

Tabla 7

Entregables de la fase 3B y etapa 4

Etapa/Fase	N°	Hitos
	01	Plan de Gestión de Tráfico
	02	Modelo Hidráulico Base Integrado con soluciones propuestas
	03	Análisis multicriterio – Soluciones mejoradas Qda. Pampa del Toro
	04	Análisis Multicriterio Soluciones mejoradas - Integrado

Fase	3B	05	Directrices para la definición del CAPEX y OPEX
Evaluación de		06	Listado justificado de macro precios para valoración de CAPEX
Alternativas		07	Metodología para el modelo SCBA
		08	Anteproyecto Arquitectura y Paisajismo
		09	Modelo SCBA Pampa del Toro
		10	Modelo SCBA Integrado
		11	Estudio de áreas auxiliares y accesos
		12	Inventario de Interferencias de Servicios Públicos
<hr/>			
		13	Mantenimiento de Vías Existentes
		14	Arquitectura y Paisajismo
		15	Diseño Para Contratación Sub. A1
		16	Protección y encauzamiento
		17	Ingeniería de Detalle Puente Pardo
		18	Ingeniería de Detalle Puente Panamericana
Etapa 4		19	Ingeniería de Detalle de Interferencias - SA1
Ingeniería de		20	Diseño Para Contratación Sub. A2
Detalle		21	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA2
		22	Ingeniería de Detalle de Interferencias - SA2
		23	Diseño Para Contratación Sub. A3
		24	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA3
		25	Ingeniería de Detalle Puente A3
		26	Diseño Para Contratación Sub. A4
		27	Diseño Para Contratación Sub. A4 (Pampa del Toro)
		28	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA4

3.6.2.2. Segunda etapa. Diseño y validación de instrumentos. Los instrumentos diseñados para la recolección de datos —como los formatos de seguimiento semanal, la matriz de restricciones y el registro de hitos— fueron sometidos a un proceso de validación de contenido mediante juicio de expertos. Para ello, se contó con la revisión de tres especialistas con experiencia comprobada en la aplicación del sistema Last Planner System (LPS) en entornos de ingeniería. Esta validación permitió asegurar la pertinencia, claridad y coherencia de los ítems en relación con las variables e indicadores definidos en la investigación. Las fichas de validación firmadas por los expertos se encuentran consignadas en el Anexo H.

3.6.2.3. Tercera etapa. Implementación del LPS en campo. Durante diecinueve semanas se acompañó y documentó la aplicación del sistema Last Planner en el diseño del proyecto. Se organizaron sesiones de planificación Pull, se elaboraron planes semanales, se identificaron restricciones y se calculó semanalmente el nivel de compromiso (CL%). Además, se utilizó el cronograma contractual como referencia para monitorear la variación de hitos (MV). Ejemplos de los formatos aplicados se incluyen en el Anexo J.

3.6.2.4. Cuarta etapa. Registro de la información técnica. Los datos fueron registrados semanalmente y se recopilaron tanto registros numéricos (fechas programadas vs. reales, porcentajes de cumplimiento, niveles de compromiso) como observaciones cualitativas sobre la interacción del equipo, los desafíos encontrados y las respuestas frente a las restricciones.

3.6.2.5. Quinta etapa. Consolidación de información y análisis. Se estructuraron matrices en Excel para cada dimensión evaluada: cumplimiento de plazos, compromiso del personal y control de costos. A partir de allí, se calcularon los indicadores definidos, permitiendo cuantificar los efectos de la aplicación del LPS. Esta consolidación de datos facilitó el posterior análisis estadístico (capítulo 3.7) y la contrastación de hipótesis (capítulo 4.2). Los cuadros de análisis procesado se encuentran disponibles en el Anexo K.

3.7. Análisis de datos

Para la validación de hipótesis y evaluación del impacto de la aplicación del Last Planner System (LPS) sobre la gestión de proyectos durante la fase de diseño, se procedió al análisis estadístico de los datos obtenidos a partir de la observación y registro sistemático de la información del proyecto, los cuales permitieron caracterizar el comportamiento de las variables e identificar diferencias significativas antes y después de la implementación del LPS.

La base de datos fue construida a partir de los registros técnicos del proyecto, sistematizados en matrices Excel, y procesada posteriormente en el software IBM SPSS Statistics (versión XX). Se trabajó con tres dimensiones de análisis:

- Cumplimiento de Plazos: evaluado mediante la variación entre las fechas programadas (planificadas en cronograma) y reales (fechas efectivas de entrega) de los hitos de diseño.
- Compromiso del personal: medido a través del porcentaje de actividades completadas respecto a lo planificado (Commitment Level - CL).
- Control de Costos: analizado en función de la diferencia entre los costos presupuestados y los costos realmente incurridos en cada etapa del diseño.

El primer paso fue verificar si los datos correspondientes a las tres dimensiones evaluadas seguían una distribución normal, condición que determina la elección de pruebas estadísticas paramétricas o no paramétricas. Para ello, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$), mediante el software IBM SPSS Statistics, versión XX.

El segundo paso consistió en la aplicación de pruebas estadísticas de contraste de hipótesis. Se establecieron las siguientes hipótesis generales:

- H_0 (hipótesis nula): No existe diferencia significativa en las variables analizadas antes y después de la aplicación del LPS.

- H_1 (hipótesis alterna): Existe diferencia significativa en las variables analizadas tras la aplicación del LPS.

La elección de la prueba se definió con base en los resultados de normalidad. En caso de que los datos no siguieran una distribución normal ($p < 0.05$), se aplicaron pruebas no paramétricas, como la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon. Para los casos con distribución normal ($p \geq 0.05$), se utilizaron pruebas paramétricas, como la t de Student para muestras relacionadas.

Con el propósito de facilitar la comprensión e interpretación de los procedimientos aplicados, se describen a continuación los principales símbolos y pruebas estadísticas empleadas en el análisis:

- p : valor de significancia estadística. Si $p < 0.05$, se considera que existe una diferencia significativa entre los grupos comparados.

- H_0 / H_1 : hipótesis nula e hipótesis alterna, respectivamente.

- Shapiro-Wilk: prueba para verificar si una muestra de datos sigue una distribución normal.

- “t de Student”: prueba paramétrica utilizada para comparar medias de dos muestras relacionadas.

- Prueba de Wilcoxon: prueba no paramétrica que permite comparar muestras relacionadas cuando los datos no siguen una distribución normal.

- U de Mann-Whitney: prueba no paramétrica utilizada para comparar dos grupos independientes. (Se emplea solo si se analizan subgrupos no relacionados).

El detalle de los cálculos, gráficas de distribución (histogramas) y resultados de las pruebas aplicadas se presentan en el Anexo J, junto con las bases de datos trabajadas en Excel y los archivos de SPSS utilizados para la interpretación estadística Anexo K y Anexo L.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados de la investigación

En este punto interpretaremos y explicaremos de manera detallada y sistemática los resultados que se obtuvieron en el Capítulo III y cómo se relacionan con la hipótesis de la investigación. Se presentan las condiciones iniciales que se encontraba la gestión de la Fase del diseño, para el análisis comparativo del aporte de implementación del sistema Last Planner. Asimismo, se llegará a la conclusión si se cumple o no con los objetivos de la presente investigación.

4.1.1. *Estado del proyecto sin aplicación del Last Planner System (LPS)*

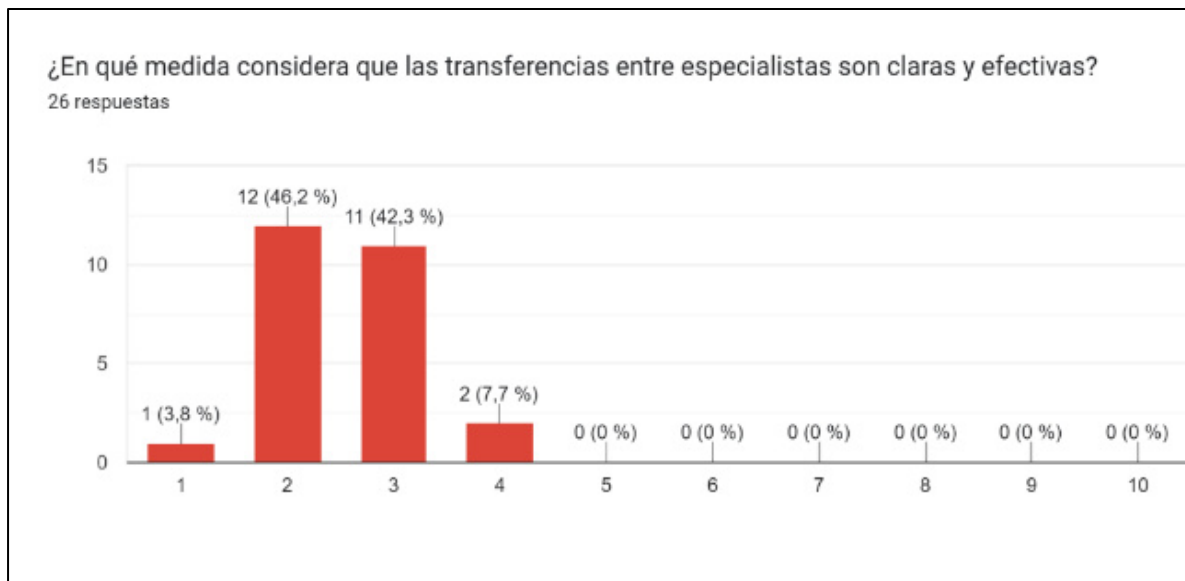
El proyecto bajo estudio, al inicio fue llevado sin la metodología del LPS. Al comienzo de la fase del diseño se desarrollaron dos etapas: la Etapa 3A.1 Análisis de información y estrategias (5 Entregables) y Etapa 3A.2 Confección de Modelo Base (17 Entregables), las cuales fueron gestionados bajo un modelo tradicional de gestión, por lo cual la fase de diseño adolecía de varias características negativas, las cuales se obtuvieron por intermedio de las encuestas que se hicieron a los involucrados en las etapas mencionadas:

4.1.1.1. Transferencias poco claras entre especialistas. Este ítem evalúa la percepción de los participantes sobre el grado de claridad, oportunidad y efectividad de las transferencias de información y entregables entre los distintos especialistas del proyecto, con el propósito de garantizar la continuidad del flujo de trabajo y el cumplimiento de los hitos establecidos.

Propuesta: ¿En qué medida considera que las transferencias entre especialistas son claras y efectivas? (1 siendo muy poco claro, 10 siendo muy claro).

Figura 15

Distribución porcentual de involucrados según la transferencia de información.



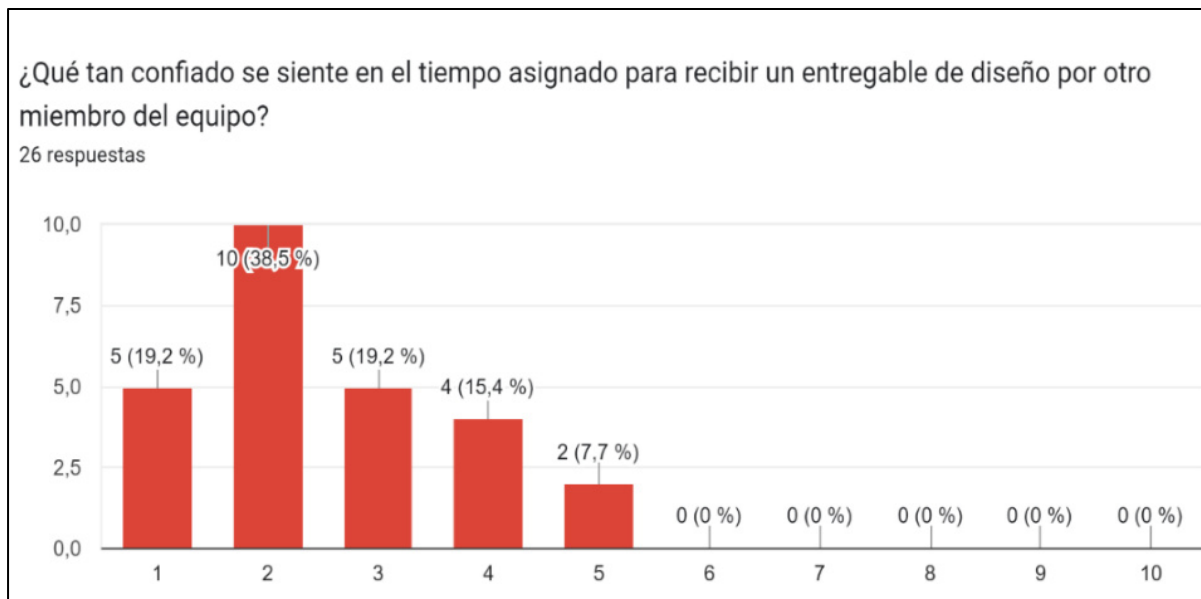
Interpretación: Según la perspectiva la transferencia entre especialistas es clara y efectiva de una calificación de 0 a 10 (1 siendo muy poco claro, 10 siendo muy claro), el 3.8% lo califica como a 1, el 46.2% lo califica como 2, el 42.3% lo califica como 3 y el 7.7% lo califica como 4.

4.1.1.2. Falta de confianza en el tiempo asignado para la entrega de un entregable de diseño. Este ítem evalúa la percepción de los participantes sobre el grado de confianza que tienen en la suficiencia y realismo del tiempo asignado para la elaboración y entrega de los entregables de diseño, considerando su complejidad técnica, la coordinación entre especialidades y las condiciones reales de trabajo, factores que inciden directamente en el cumplimiento de los plazos e hitos del proyecto.

Propuesta: ¿Qué tan confiado se siente en el tiempo asignado para recibir un entregable de diseño por otro miembro del equipo? (1 siendo nada confiado, 10 siendo muy confiado).

Figura 16

Distribución porcentual de involucrados según el plazo de entrega.



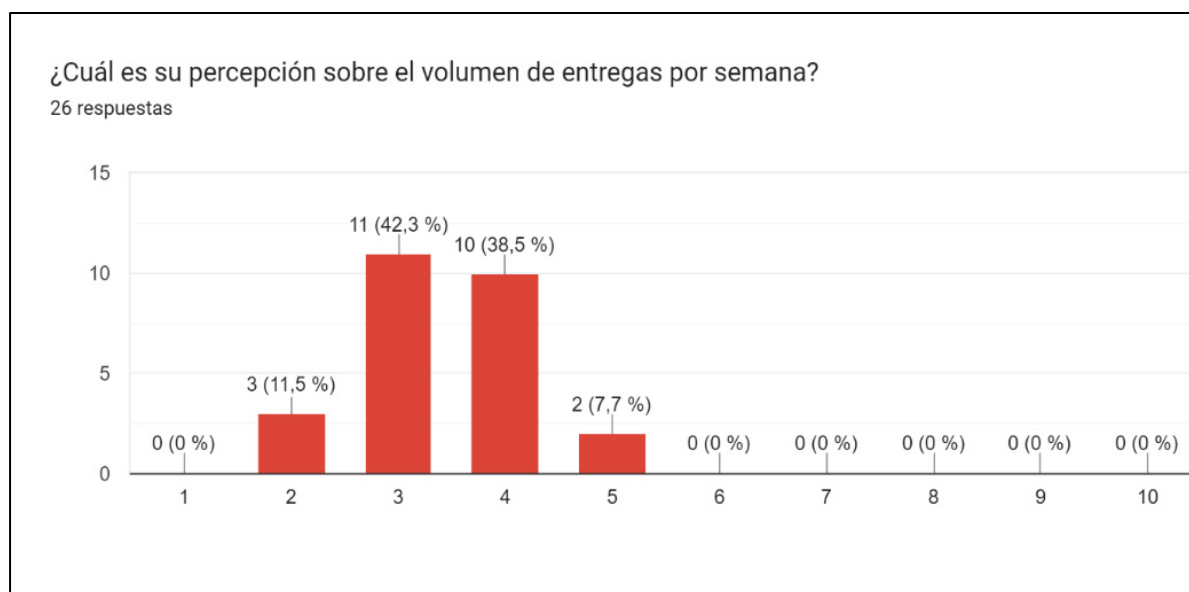
Interpretación: Según la perspectiva la confianza del tiempo asignado para recibir un entregable de diseño por otro miembro del equipo de una calificación de 0 a 10 (1 siendo nada confiado, 10 siendo muy confiado), el 19.2% lo califica como 1, el 38.5% lo califica como 2, el 19.2% lo califica como 3, el 15.4% lo califica como 4 y el 7.7% lo califica como 5.

4.1.1.3. Bajo volumen de entregas por semana. Este ítem evalúa la percepción de los participantes respecto al volumen de entregables de diseño que se generan semanalmente, considerando si la cantidad producida es coherente con la capacidad del equipo, la complejidad de las tareas y los plazos establecidos. Un bajo volumen de entregas puede evidenciar cuellos de botella, problemas de coordinación o limitaciones en la planificación, con impacto directo en el cumplimiento de los hitos del proyecto.

Propuesta: ¿Cuál es su percepción sobre el volumen de entregas por semana? (1 siendo muy bajo, 10 siendo muy alto).

Figura 17

Distribución porcentual de involucrados según el volumen de entrega.



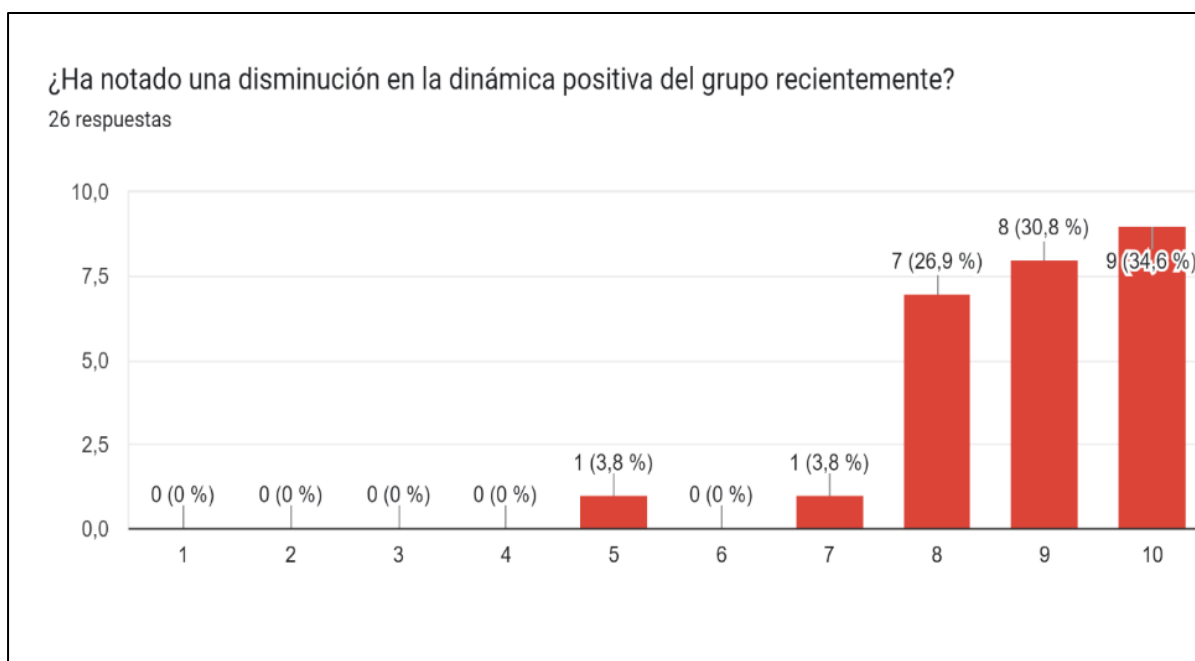
Interpretación: Según la perspectiva la percepción sobre el volumen de entregas por semana de una calificación de 0 a 10 (1 siendo muy bajo, 10 siendo muy alto), el 11.5% lo califica como 2, el 42.3% lo califica como 3, el 38.5% lo califica como 4 y el 7.7% lo califica como 5.

4.1.1.4. Disminución en la dinámica positiva del grupo. Este ítem evalúa la percepción de los participantes respecto a la dinámica positiva del grupo de trabajo, considerando aspectos como el clima de colaboración, la comunicación entre los miembros, la disposición para apoyar a otros y el nivel de motivación colectiva. Una disminución en esta dinámica puede reflejar tensiones, falta de cohesión o desalineamiento con los objetivos del proyecto, lo cual impacta negativamente en la coordinación de las actividades y en el cumplimiento de los entregables de diseño.

Propuesta: ¿Ha notado una disminución en la dinámica positiva del grupo recientemente? (1 siendo fuertemente en desacuerdo, 10 siendo fuertemente de acuerdo).

Figura 18

Distribución porcentual de involucrados según el nivel de la dinámica.



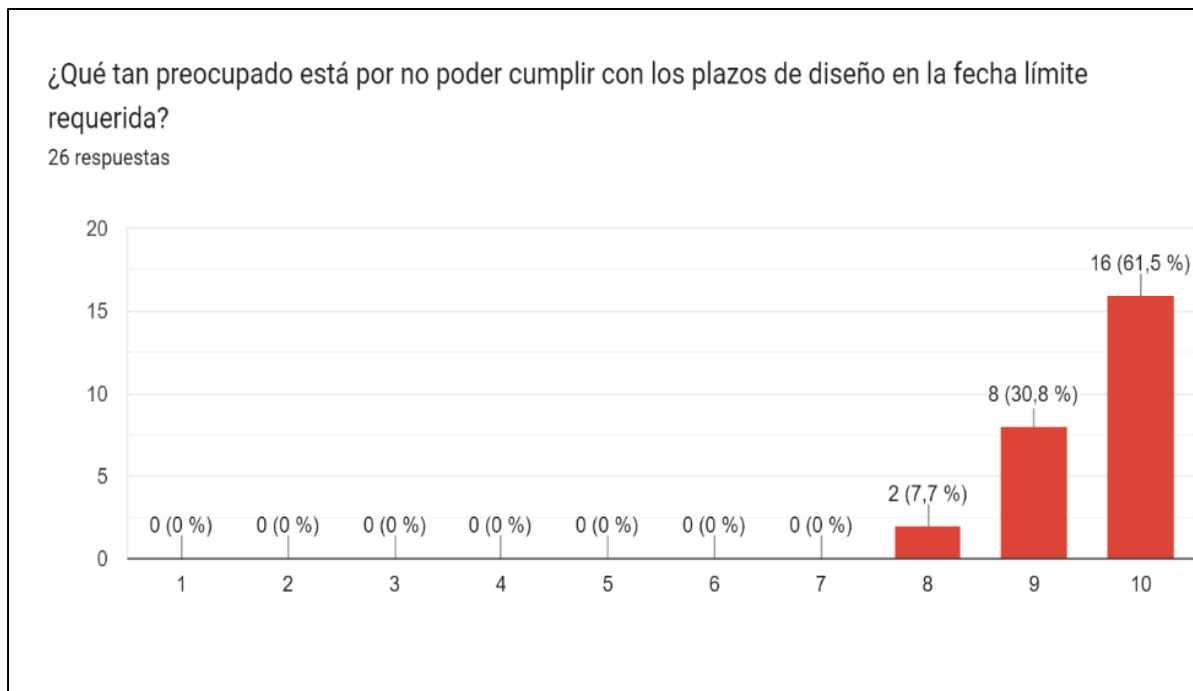
Interpretación: Según la perspectiva sobre la disminución en la dinámica positiva del grupo de una calificación de 0 a 10 (1 siendo fuertemente en desacuerdo, 10 siendo fuertemente de acuerdo), el 3.8% lo califica como 5, el 3.8% lo califica como 7, el 26.9% lo califica como 8, el 30.8% lo califica como 9 y el 34.6% lo califica como 10.

4.1.1.5. Riesgo de no presentar una propuesta de diseño en la fecha límite requerida. Este ítem evalúa la percepción de los participantes respecto al riesgo de no contar con una propuesta de diseño completa en la fecha límite establecida. Un mayor riesgo percibido puede indicar deficiencias en la planificación, en la gestión de tiempos o en la resolución oportuna de restricciones, con impacto directo en el cumplimiento del cronograma del proyecto.

Propuesta: ¿Qué tan preocupado está por no poder presentar una propuesta de diseño en la fecha límite requerida? (1 siendo nada preocupado, 10 siendo muy preocupado).

Figura 19

Distribución porcentual de involucrados según el cumplimiento de plazo.



Interpretación: Según la perspectiva sobre la preocupación por no poder cumplir con los plazos de diseño en la fecha límite requerida de una calificación de 0 a 10 (1 siendo nada preocupado, 10 siendo muy preocupado), el 7.7% lo califica como 8, el 30.8% lo califica como 8 y el 61.5% lo califica como 10.

4.1.2. Estado del proyecto con aplicación del Last Planner System

4.1.2.1. Variación de los Hitos o Milestone Variance (MV). Durante el proceso de Planeación de Fase se identificó los Hitos que se desea controlar en la fase de Diseño de la Etapa 3B Evaluación de Alternativas y Etapa 4 Ingeniería de detalle para poder cumplir con los plazos del proyecto.

Propuesta: Variación de Hitos (MV), llevar a cabo la medición semanal de la cantidad de días en que un hito se encuentra retrasado o adelantado en comparación con lo establecido en la planificación principal.

Tabla 8

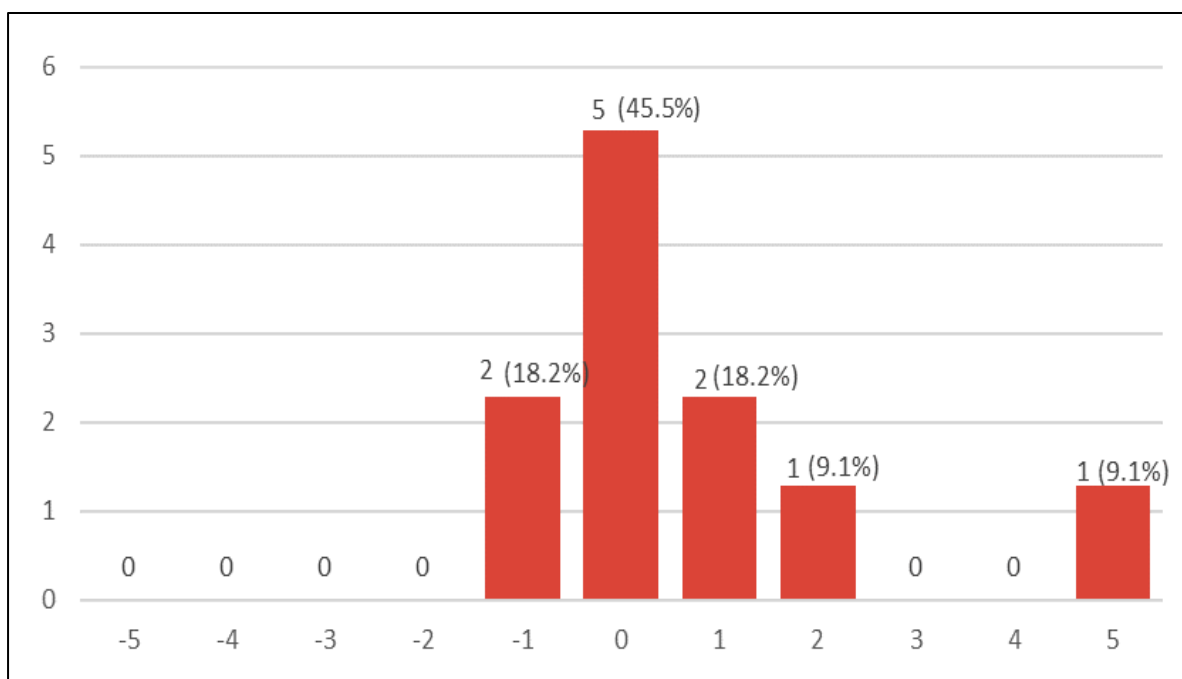
Resumen de la variación de hito “Fin de Etapa 3B” semanal con el LPS

Semana	Fin de Etapa 3B Planeado	Fin de Etapa 3B Proyectado/Real	Variación de Hito (MV)
25	30-Set-23	30-Set-23	0
26	30-Set-23	05-Oct-23	+5
27	30-Set-23	02-Oct-23	+2
28	30-Set-23	01-Oct-23	+1
29	30-Set-23	29-Set-23	-1
30	30-Set-23	30-Set-23	0
31	30-Set-23	30-Set-23	0
32	30-Set-23	01-Oct-23	+1
33	30-Set-23	29-Set-23	-1
34	30-Set-23	30-Set-23	0
35	30-Set-23	30-Set-23	0

Nota. La Tabla 8 indica los datos tras la obtención de la variación del Hito “Fin de Etapa 3B” de un total de 11 semanas obtenidos a partir de la semana 25 hasta la semana 35. Elaboración propia.

Figura 20

Distribución de frecuencia porcentual de semanas según la variación del hito



Según la variación del Hito “Fin de Etapa 3B” respecto al plan maestro, entre variación de días del -5 a +5 (-5 siendo que se encuentra muy por delante de la programación, +5 siendo que se encuentra muy atrasado frente a la programación). El 18.2% tiene una variación negativa de 1 día, el 45.5% tiene una variación igual a 0, el 18.2% tiene una variación positiva de 1 día, el 9.1% tiene una variación positiva de 2 días, y el 9.1% tiene una variación positiva de 5 días.

Figura 22

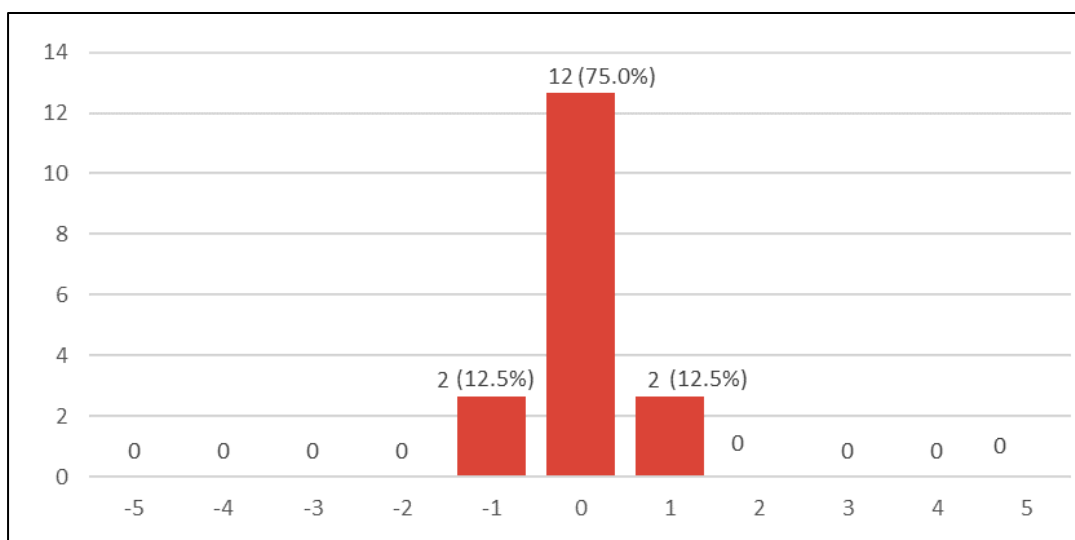
Resumen de la variación de hito “Fin de etapa 4” semanal con el LPS

Semana	Fin de Etapa 4 Contractual	Fin de Etapa 4 Proyectado/Real	Variación de Hito (MV)
28	08-Dic-23	08-Dic-23	0
29	08-Dic-23	09-Dic-23	+1
30	08-Dic-23	08-Dic-23	0
31	08-Dic-23	08-Dic-23	0
32	08-Dic-23	07-Dic-23	-1
33	08-Dic-23	08-Dic-23	0
34	08-Dic-23	08-Dic-23	0
35	08-Dic-23	09-Dic-23	+1
36	08-Dic-23	07-Dic-23	-1
37	08-Dic-23	08-Dic-23	0
38	08-Dic-23	08-Dic-23	0
39	08-Dic-23	08-Dic-23	0
40	08-Dic-23	08-Dic-23	0
41	08-Dic-23	08-Dic-23	0
42	08-Dic-23	08-Dic-23	0
43	08-Dic-23	08-Dic-23	0

Nota. La Figura 22 muestra los datos obtenidos de la variación del Hito “Fin de Etapa 4” de un total de 16 semanas obtenidos a partir de la semana 28 hasta la semana 43.

Figura 23

Distribución porcentual de semanas según la variación del hito



Según la variación del Hito “Fin de Etapa 4” respecto al plan maestro, entre variación de días del -5 a +5 (-5 siendo que se encuentra muy por delante de la programación, +5 siendo que se encuentra muy atrasado frente a la programación). El 12.5% tiene una variación negativa de 1 día, el 75.0% tiene una variación igual a 0 y el 12.5% tiene una variación positiva de 1 día.

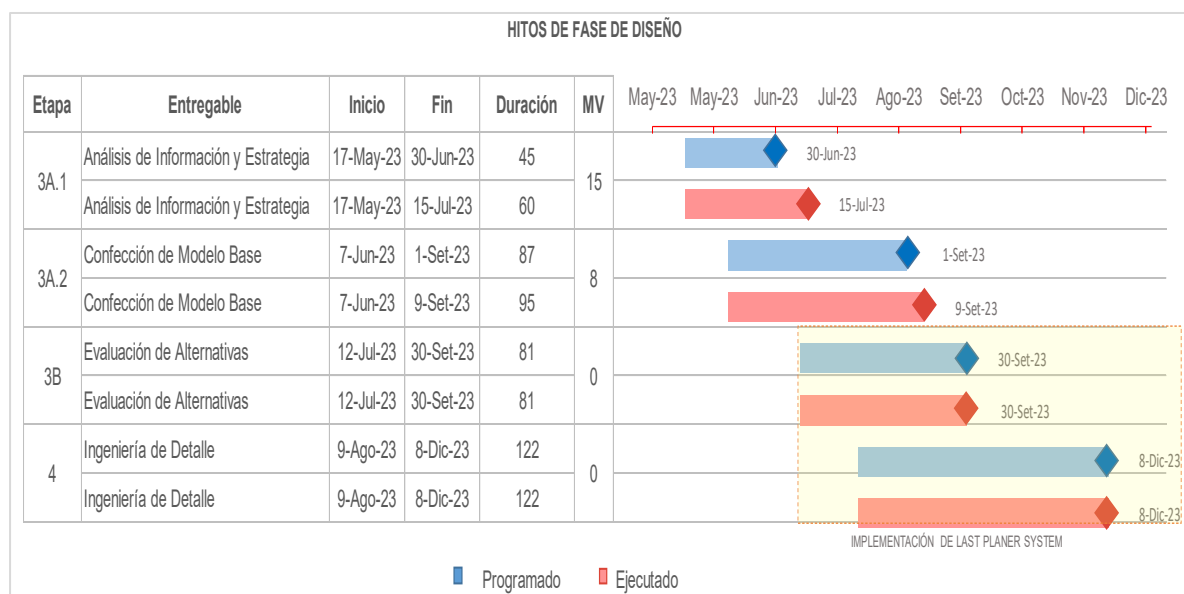
Figura 24

Semana 43- detalle del control del hito "Fin Etapa 4"

Etapa 4 Ingeniería de Detalle						Agosto							Septiembre							Octubre							Noviembre							Diciembre						
N°	Entregable	Estado	Fecha inicio	Fecha Final	MV	09	16	23	30	31	01	08	15	22	29	30	01	08	15	22	29	30	01	08	15	22	29	30	01	08	15	22	29	30	01	08	15	22	29	30
35	Mantenimiento de Vías Existentes	Planificado	9-Ago-23	26-Ago-23	0																																			
	Mantenimiento de Vías Existentes	Real	9-Ago-23	26-Ago-23																																				
36	Arquitectura y Paisajismo	Planificado	9-Ago-23	8-Dic-23	0																																			
	Arquitectura y Paisajismo	Real	9-Ago-23	8-Dic-23																																				
37	Diseño Para Contratación Sub. A1	Planificado	17-Set-23	31-Oct-23	0																																			
	Diseño Para Contratación Sub. A1	Real	17-Set-23	31-Oct-23																																				
38	Protección y encauzamiento	Planificado	4-Nov-23	8-Dic-23	0																																			
	Protección y encauzamiento	Real	4-Nov-23	8-Dic-23																																				
39	Ingeniería de Detalle Puente Pardo	Planificado	4-Nov-23	8-Dic-23	-2																																			
	Ingeniería de Detalle Puente Pardo	Real	4-Nov-23	6-Dic-23																																				
40	Ingeniería de Detalle Puente Panamericana	Planificado	4-Nov-23	8-Dic-23	-2																																			
	Ingeniería de Detalle Puente Panamericana	Real	4-Nov-23	6-Dic-23																																				
41	Ingeniería de Detalle de Interferencias - SA1	Planificado	4-Nov-23	8-Dic-23	-2																																			
	Ingeniería de Detalle de Interferencias - SA1	Real	4-Nov-23	6-Dic-23																																				
42	Diseño Para Contratación Sub. A2	Planificado	17-Set-23	31-Oct-23	-3																																			
	Diseño Para Contratación Sub. A2	Real	17-Set-23	28-Oct-23																																				
43	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA2	Planificado	14-Oct-23	8-Dic-23	-2																																			
	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA2	Real	14-Oct-23	6-Dic-23																																				
44	Ingeniería de Detalle de Interferencias - SA2	Planificado	4-Nov-23	8-Dic-23	-4																																			
	Ingeniería de Detalle de Interferencias - SA2	Real	4-Nov-23	4-Dic-23																																				
45	Diseño Para Contratación Sub. A3	Planificado	17-Set-23	10-Oct-23	-2																																			
	Diseño Para Contratación Sub. A3	Real	17-Set-23	8-Oct-23																																				
46	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA3	Planificado	14-Oct-23	7-Nov-23	-3																																			
	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA3	Real	14-Oct-23	4-Nov-23																																				
47	Ingeniería de Detalle Puente A3	Planificado	14-Oct-23	8-Dic-23	-4																																			
	Ingeniería de Detalle Puente A3	Real	14-Oct-23	4-Dic-23																																				
48	Diseño Para Contratación Sub. A4	Planificado	3-Set-23	27-Set-23	0																																			
	Diseño Para Contratación Sub. A4	Real	3-Set-23	27-Set-23																																				
49	Diseño Para Contratación Sub. A4 (Pampa del Toro)	Planificado	9-Ago-23	3-Set-23	0																																			
	Diseño Para Contratación Sub. A4 (Pampa del Toro)	Real	9-Ago-23	3-Set-23																																				
50	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA4	Planificado	6-Set-23	17-Oct-23	0																																			
	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA4	Real	6-Set-23	17-Oct-23																																				

Figura 25

Comparativo de cumplimiento de hitos de las etapas de fase de diseño



4.1.2.2. Nivel de compromiso o commitment level (CL). Durante el proceso de Planeación Intermedia se han identificado una cantidad de actividades requeridas, es decir todas las actividades que pueden atrasar un hito del proyecto.

Propuesta: Nivel de Compromiso (CL), esta métrica responde a la pregunta: ¿El equipo se comprometió con todas las actividades requeridas existentes en la programación intermedia para la semana en programación?

Tabla 9

Resumen nivel de compromiso (CL%)

Semana	Actividades requeridas	Actividades requeridas comprometidas	Nivel de Compromiso (CL)
25	3	3	100%
26	3	0	0%
27	3	1	33%

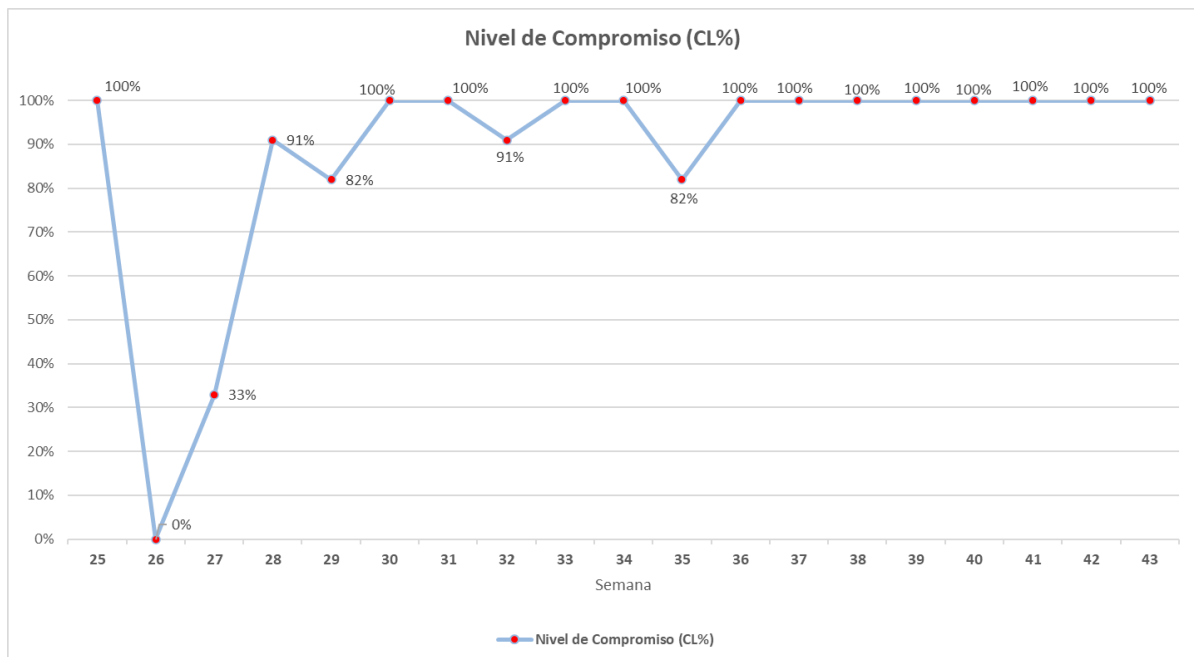
28	11	10	91%
29	11	9	82%
30	11	11	100%
31	11	11	100%
32	11	10	91%
33	11	11	100%
34	11	11	100%
35	11	9	82%
36	11	11	100%
37	11	11	100%
38	11	11	100%
39	11	11	100%
40	11	11	100%
41	11	11	100%
42	11	11	100%
43	11	11	100%

Nota. La Tabla 9 expresa el Nivel de Compromiso porcentual.

Se puede apreciar en la tabla que el Nivel de Compromiso durante la ejecución de las actividades durante la etapa de diseño fue creciente, lo que a su vez demuestra que la aplicación del sistema Last Planner mejora el nivel de compromiso en la junta semanal, esto se evidencia también en la figura 25.

Figura 26

Resumen del nivel de compromiso (CL)



Se puede apreciar que el nivel de compromiso durante las primeras semanas no fue constante, pero aumentó de manera considerable durante el avance de las semanas a causa de tener una alineación con el mediano y corto plazo de la planeación.

4.1.2.3. Costos. Inicialmente, cada fase de diseño cuenta con un presupuesto asignado, el cual será comparado con el presupuesto final para detectar cualquier cambio en el costo de diseño. Además de esta comparación, se llevará a cabo un análisis detallado del costo directo que representa cada entregable por cada día de atraso en la finalización del diseño.

Propuesta: Analizar el presupuesto mediante el costo directo asociado a cada entregable por cada día de atraso, calculado en función del porcentaje de días de atraso respecto al plazo original. El presupuesto se presenta en la moneda de dólares.

Tabla 10*Evaluación de costos en la etapa 3A.1*

Etapa 3A.1 Análisis de Información y Estrategia					Presupuesto			
N°	Entregable	Inicio	Final	Entregado	Programado	%	Ejecutado	Diferencia
					\$	%	\$	\$
1	Diagnóstico de Topografía, Geología, Geotecnia, Estructuras, Fuentes de Material.	17-May-23	30-Jun-23	15-Jul-23	\$422,656.59	34	\$566,359.83	\$143,703.24
2	Diagnóstico de Hidrología, Paisajismo, Social, Arquitectura, Predial y Medioambiental.	17-May-23	7-Jun-23	12-Jun-23	\$507,187.92	23.8	\$627,898.64	\$120,710.72
3	Estudio Hidráulico	17-May-23	7-Jun-23	12-Jun-23	\$169,062.63	23.8	\$209,299.54	\$40,236.91
4	Plan de Ejecución BIM	17-May-23	13-Jun-23	13-Jun-23	\$169,062.63	0	\$169,062.63	\$0.00
5	Plan de Gestión de Diseño	17-May-23	13-Jun-23	13-Jun-23	\$422,656.58	0	\$422,656.58	\$0.00

En la Figura 26, se muestra el costo programado inicialmente para cada entregable, el porcentaje que representa los días de atraso, el costos final o ejecutado y la diferencia entre el costo programado y ejecutado, que representa el sobre costo en la Etapa 3A.1.

Tabla 11*Sobre costos por atraso de entrega etapa 3A.1*

Entregable	Sobre costos (\$)
Entregable 1	143,703.24
Entregable 2	120,710.72
Entregable 3	40,236.91
Entregable 4	0.00
Entregable 5	0.00
Total	304,650.87

En la tabla 11 se presenta un resumen del sobrecosto total de los entregables, donde se evidencia que se han incurrido en costos adicionales por un total de \$ 304,650.87.

Tabla 12*Evaluación de costos en la etapa 3A.2*

Etapa 3A.2 Confección de Modelo Base					Costo			
					Programado	%	Ejecutado	Diferencia
N°	Entregable	Inicio	Final	Entregado	\$	%	\$	\$
6	Topografía - Informe validación de información del PI y otras fuentes	7-Jun-23	10-Jul-23	18-Jul-23	\$40,575.03	24.2	\$50,394.19	\$9,819.16
7	Topografía - Informe Complementación PdT	10-Jun-23	6-Jul-23	19-Jul-23	\$81,150.06	50	\$121,725.09	\$40,575.03
8	Topografía - Informe Complementación Lacramarca	10-Jun-23	18-Jul-23	26-Jul-23	\$284,025.23	21.1	\$343,954.55	\$59,929.32
9	Informe de Integración de Topografía y Geodesia	18-Jul-23	22-Ago-23	22-Ago-23	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
10	Informe de Geología y Geomorfología Geotecnia	7-Jun-23	4-Jul-23	10-Jul-23	\$40,575.03	22.2	\$49,582.69	\$9,007.66

11	Geotecnia - Informe Complementación de información SA4	5-Jul-23	10-Ago-23	12-Ago-23	\$81,150.06	5.5	\$85,613.31	\$4,463.25
12	Geotecnia - Informe Complementación de información SA3	19-Jul-23	12-Ago-23	18-Ago-23	\$81,150.06	25	\$101,437.58	\$20,287.52
13	Geotecnia - Informe Complementación de información SA2	19-Jul-23	1-Set-23	9-Set-23	\$101,437.58	18.8	\$119,880.78	\$18,443.20
14	Geotecnia - Informe Complementación de información SA1	9-Ago-23	1-Set-23	3-Set-23	\$101,437.58	8.7	\$110,262.65	\$8,825.07
15	Informe Integración Geotecnia, Geología y Geomorfología	9-Ago-23	1-Set-23	9-Set-23	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
16	Informe de Canteras y DME's	14-Jun-23	25-Jul-23	28-Jul-23	\$101,437.58	7.3	\$108,842.52	\$7,404.94
17	Inventario de puentes, estructuras y diques	10-Jun-23	5-Jul-23	6-Jul-23	\$101,437.58	4	\$105,495.08	\$4,057.50

18	Informe Hidrológico: Informe Preliminar	14-Jun-23	12-Jul-23	18-Jul-23	\$101,437.58	21.4	\$123,145.22	\$21,707.64
19	Modelo Hidrológico: Informe Final	13-Jul-23	25-Jul-23	25-Jul-23	\$202,875.16		\$202,875.16	\$0.00
	Modelo Hidráulico Base - Qda. Pampa del							
20	Toro sin actuaciones, con actuaciones del Perfil y con soluciones propuestas	17-Jun-23	25-Jul-23	25-Jul-23	\$142,012.61	0	\$142,012.61	\$0.00
21	Modelo Hidráulico Base Integrado sin actuaciones y con actuaciones del Perfil	28-Jun-23	8-Ago-23	10-Ago-23	\$405,750.32	4.9	\$425,632.09	\$19,881.77
22	Estudio de paisaje e infraestructura verde	7-Jun-23	11-Jul-23	18-Jul-23	\$162,300.13	20.6	\$195,733.96	\$33,433.83

En la tabla 12, se muestra el costo programado inicialmente para cada entregable, el porcentaje que representa los días de atraso, el costos final o ejecutado y la diferencia entre el costo programado y ejecutado, que representa el sobre costo en la Etapa 3A.2.

Tabla 13*Sobrecostos por atraso de entrega etapa 3A.2*

Entregable	Sobre costos (\$)
Entregable 6	9,819.16
Entregable 7	40,575.03
Entregable 8	59,929.32
Entregable 9	0.00
Entregable 10	9,007.66
Entregable 11	4,463.25
Entregable 12	20,287.52
Entregable 13	18,443.20
Entregable 14	8,825.07
Entregable 15	0
Entregable 16	7,404.94
Entregable 17	4,057.50
Entregable 18	21,707.64
Entregable 19	0
Entregable 20	0
Entregable 21	19,881.77
Entregable 22	33,433.83
Total	257,835.89

En la tabla 13 se presenta un resumen del sobrecosto total de los entregables, donde se evidencia que se han incurrido en costos adicionales por un total de \$. 257,835.89.

Tabla 14*Evaluación de costos en la etapa 3B*

Etapa 3B. Evaluación de Alternativas					Costo			
					Programado	%	Ejecutado	Diferencia
N°	Entregable	Inicio	Final	Entregado	\$	%	\$	\$
23	Plan de Gestión de Tráfico	12-Jul-23	1-Ago-23	2-Ago-23	\$71,006.31	5	\$74,556.63	\$3,550.32
24	Modelo Hidráulico Base Integrado con soluciones propuestas	9-Ago-23	29-Set-23	29-Set-23	\$189,350.15	0	\$189,350.15	\$0.00
25	Análisis multicriterio – Soluciones mejoradas Qda. Pampa del Toro	19-Jul-23	3-Ago-23	3-Ago-23	\$260,356.46	0	\$260,356.46	\$0.00
26	Análisis Multicriterio Soluciones mejoradas - Integrado	3-Ago-23	30-Set-23	30-Set-23	\$260,356.46	0	\$260,356.46	\$0.00
27	Directrices para la definición del CAPEX y OPEX	12-Jul-23	25-Jul-23	26-Jul-23	\$165,681.38	7.7	\$178,438.85	\$12,757.47

28	Listado justificado de macro precios para valoración de CAPEX	26-Jul-23	8-Ago-23	8-Ago-23	\$236,687.69	0	\$236,687.69	\$0.00
29	Metodología para el modelo SCBA	12-Jul-23	30-Ago-23	30-Ago-23	\$236,687.69	0	\$236,687.69	\$0.00
30	Anteproyecto Arquitectura y Paisajismo	12-Jul-23	13-Set-23	12-Set-23	\$236,687.69	-1.6	\$232,900.69	-\$3,787.00
31	Modelo SCBA Pampa del Toro	4-Ago-23	19-Ago-23	19-Ago-23	\$236,687.69	0	\$236,687.69	\$0.00
32	Modelo SCBA Integrado	23-Ago-23	13-Set-23	12-Set-23	\$236,687.69	-4.8	\$225,326.68	-\$11,361.01
33	Estudio de áreas auxiliares y accesos	14-Jul-23	1-Ago-23	1-Ago-23	\$118,343.84	0	\$118,343.84	\$0.00
34	Inventario de Interferencias de Servicios Públicos	2-Ago-23	27-Set-23	27-Set-23	\$118,343.84	0	\$118,343.84	\$0.00

En la tabla 14, se muestra el costo programado inicialmente para cada entregable, el porcentaje que representa los días de atraso, el costos final o ejecutado y la diferencia entre el costo programado y ejecutado, que representa el sobrecosto en la Etapa 3B.

Tabla 15*Sobrecostos por atraso de entrega etapa 3B.*

Entregable	Sobre costos (\$)
Entregable 23	3,550.32
Entregable 24	0.00
Entregable 25	0.00
Entregable 26	0.00
Entregable 27	12,757.47
Entregable 28	0.00
Entregable 29	0.00
Entregable 30	-3,787.00
Entregable 31	0.00
Entregable 32	-11,361.01
Entregable 33	0.00
Entregable 34	0.00
Total	1,159.78

En la tabla 15 se presenta un resumen del sobrecosto total de los entregables, donde se evidencia que se han incurrido en costos adicionales por un total de \$ 1,159.7

Tabla 16*Evaluación de costos en la etapa 4*

Etapa 4 Ingeniería de Detalle					Costo			
N°	Entregable	Inicio	Final	Entregado	Programado	%	Ejecutado	Diferencia
					\$	%	\$	\$
35	Mantenimiento de Vías Existentes	9-Ago-23	26-Ago-23	26-Ago-23	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
36	Arquitectura y Paisajismo	9-Ago-23	8-Dic-23	8-Dic-23	\$379,238.23	0	\$379,238.23	\$0.00
37	Diseño Para Contratación Sub. A1	17-Set-23	31-Oct-23	31-Oct-23	\$237,023.89	0	\$237,023.89	\$0.00
38	Protección y encauzamiento	4-Nov-23	8-Dic-23	6-Dic-23	\$284,428.67	-5.9	\$267,647.38	-\$16,781.29
39	Ingeniería de Detalle Puente Pardo	4-Nov-23	8-Dic-23	6-Dic-23	\$474,047.78	-5.9	\$446,078.96	-\$27,968.82
40	Ingeniería de Detalle Pte. Panamericana	4-Nov-23	8-Dic-23	6-Dic-23	\$474,047.78	-5.9	\$446,078.96	-\$27,968.82
41	Ingeniería de Detalle de Interferencias - SA1	4-Nov-23	8-Dic-23	4-Dic-23	\$237,023.89	-11.8	\$209,055.07	-\$27,968.82
42	Diseño Para Contratación Sub. A2	17-Set-23	31-Oct-23	28-Oct-23	\$237,023.89	-6.8	\$220,906.27	-\$16,117.62

43	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA2	14-Oct-23	8-Dic-23	6-Dic-23	\$474,047.78	-3.6	\$456,982.06	-\$17,065.72
44	Ingeniería de Detalle de Interferencias - SA2	4-Nov-23	8-Dic-23	4-Dic-23	\$237,023.89	-11.8	\$209,055.07	-\$27,968.82
45	Diseño Para Contratación Sub. A3	17-Set-23	10-Oct-23	8-Oct-23	\$237,023.89	-8.7	\$216,402.81	-\$20,621.08
46	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA3	14-Oct-23	7-Nov-23	4-Nov-23	\$284,428.67	-12.5	\$248,875.09	-\$35,553.58
47	Ingeniería de Detalle Puente A3	14-Oct-23	8-Dic-23	4-Dic-23	\$474,047.78	-7.3	\$439,442.29	-\$34,605.49
48	Diseño Para Contratación Sub. A4	3-Set-23	27-Set-23	27-Set-23	\$118,511.95	0	\$118,511.95	\$0.00
49	Diseño Para Contratación Sub. A4	9-Ago-23	3-Set-23	3-Set-23	\$118,511.95	0	\$118,511.95	\$0.00
50	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA4	6-Set-23	17-Oct-23	17-Oct-23	\$474,047.78	0	\$474,047.78	\$0.00

En la Tabla 16, se muestra el costo programado inicialmente para cada entregable, el porcentaje que representa los días de atraso, el costos final o ejecutado y la diferencia entre el costo programado y ejecutado, que representa el sobrecosto en la Etapa 4.

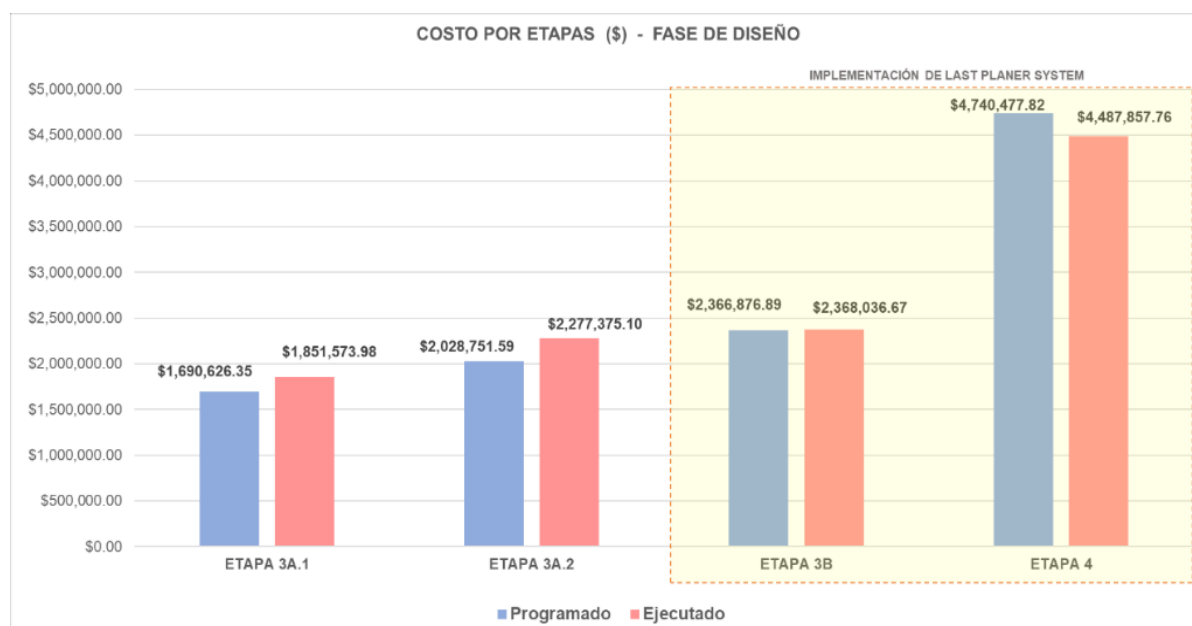
Tabla 17*Sobrecostos por atraso de entrega etapa 4*

Entregable	Sobre costos (\$)
Entregable 35	0.00
Entregable 36	0.00
Entregable 37	0.00
Entregable 38	-16,781.29
Entregable 39	-27,968.82
Entregable 40	-27,968.82
Entregable 41	-27,968.82
Entregable 42	-16,117.62
Entregable 43	-17,065.72
Entregable 44	-27,968.82
Entregable 45	-20,621.08
Entregable 46	-35,553.58
Entregable 47	-34,605.49
Entregable 48	0.00
Entregable 49	0.00
Entregable 50	0.00
Total	-252,620.06

En la tabla 17, se aprecia que como resultado de anticiparse al vencimiento de los plazos de entrega se han generado ahorros de hasta \$.252,620.06.

Figura 27

Comparativo de costo de las etapas de diseño



4.2. Análisis de resultados

Luego de la caracterización del proyecto y la descripción del contexto de aplicación del sistema Last Planner System (LPS), se procede a presentar los resultados obtenidos del análisis estadístico, conforme a lo planteado en la metodología del capítulo anterior. Este análisis se enfocó en tres dimensiones clave: cumplimiento de plazos, compromiso del personal y control de costos, con el objetivo de evaluar cuantitativamente el impacto generado por la implementación del LPS durante la fase de diseño del proyecto de defensas ribereñas bajo el marco contractual NEC 3 Opción F.

Los resultados se estructuran por dimensión y para la contratación de las hipótesis planteadas en el presente estudio, primero se realizó la evaluación de la normalidad de los datos con el objetivo de determinar el tipo de prueba estadística a utilizar (paramétrica o no paramétrica). La prueba de normalidad empleada fue la prueba de Shapiro-Wilk cuando el tamaño de la muestra fue igual o menor a 35 observaciones, y el test de Kolmogorov-Smirnov

cuando la muestra fue de 50 o más observaciones. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software SPSS versión XX.

En caso de que los datos presentaran distribución normal, se emplearía la prueba T de Student para muestras independientes. Si los datos no cumplieran con el supuesto de normalidad, se utilizaría la prueba U de Mann-Whitney, adecuada para distribuciones no normales.

4.2.1. Cumplimiento de plazos

De acuerdo con el procedimiento descrito en el capítulo 3.7, se realizó el análisis estadístico correspondiente para evaluar el impacto del Last Planner System (LPS) sobre la variable “cumplimiento de plazos”, considerando los valores programados y reales de los entregables del diseño. El objetivo fue contrastar si existían diferencias estadísticamente significativas entre ambas condiciones (antes y después de aplicar el LPS), utilizando pruebas estadísticas adecuadas al comportamiento de los datos.

4.2.1.1. Prueba de normalidad. Para determinar el tipo de prueba estadística a aplicar, se realizó previamente una prueba de normalidad. Se empleó el test de Shapiro-Wilk, ya que el número de observaciones fue menor o igual a 35. La hipótesis nula (H_0) en esta prueba establece que los datos siguen una distribución normal, mientras que la hipótesis alterna (H_1) sostiene que no lo hacen.

Hipótesis de normalidad (Shapiro-Wilk)

- Hipótesis nula (H_0): Los datos presentan una distribución normal y se deben usar pruebas no paramétricas.
- Hipótesis alterna (H_1): Se acepta la hipótesis nula de normalidad y se pueden utilizar pruebas paramétricas.

Tabla 18

Resultado de la prueba de normalidad del plazo

Prueba de normalidad	
	Shapiro-Wilk: Valor p
Programado	0.057
Real	0.042

Según los resultados, los valores programados presentan una distribución normal ($p = 0.057 > 0.05$), mientras que los valores reales no cumplen este criterio ($p = 0.042 < 0.05$). Dado que al menos una de las distribuciones no es normal, se optó por utilizar una prueba estadística no paramétrica: U de Mann-Whitney, adecuada para comparar dos muestras independientes cuando no se cumple la normalidad.

4.2.1.2. Contrastación de hipótesis de Plazo. Hipótesis de Investigación:

- Hipótesis nula (H_0): No hay diferencias en lo programado y lo real en los Plazos
- Hipótesis alterna (H_1): Hay diferencias en lo programado y lo real en los Plazos

Se aplicó la prueba U de Mann-Whitney con un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$).

La regla de decisión fue:

- Si $p \geq 0.05 \rightarrow$ Se acepta H_0
- Si $p < 0.05 \rightarrow$ Se rechaza H_0

Tabla 19

Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el cumplimiento de plazo

	Programado		Real		U de Mann-Whitney	p
	Md	DE	Md	DE		
Plazo	35	15.9	33	15.5	297	0.771

4.2.1.3. Nivel de significancia. Se empleó un nivel de confianza del 95% en la investigación, lo que se traduce en un valor de prueba de 0.05.

Regla de decisión

- Se acepta H_0 : si el nivel de significancia es mayor o igual a 0.05
- Se rechaza H_0 : si el nivel de significancia es menor o igual a 0.05

En la tabla 11 se presenta un nivel de significancia fue de 0.771 lo cual permite la aceptación de la hipótesis nula pues el valor es mayor a 0.05.

4.2.1.4. Discusión estadística. El resultado de la prueba U de Mann-Whitney arrojó un valor p de 0.771, superior al umbral de significancia (0.05), lo que indica que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los plazos programados y los plazos reales. Por tanto, la implementación del LPS no generó un cambio significativo en esta dimensión, al menos desde el punto de vista estadístico.

4.2.1.5. Conclusión estadística. No existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la aplicación del LPS haya generado un cambio significativo en el cumplimiento de plazos durante la fase de diseño del proyecto. Se mantiene la hipótesis nula, por lo tanto, no se identifican diferencias sustanciales entre lo programado y lo ejecutado.

4.2.2. *Compromiso del personal*

La segunda dimensión analizada fue el nivel de compromiso del personal durante la fase de diseño, contrastando los valores observados antes y después de la implementación del sistema Last Planner System (LPS). Se buscó establecer si existían diferencias estadísticamente significativas que reflejaran un cambio en la participación efectiva y el involucramiento del equipo de trabajo.

4.2.2.1. Prueba de normalidad. Para determinar el tipo de prueba estadística a aplicar, se realizó previamente una prueba de normalidad. Se empleó el test de Shapiro-Wilk, ya que el número de observaciones fue menor o igual a 35. La hipótesis nula (H_0) en esta prueba establece que los datos siguen una distribución normal, mientras que la hipótesis alterna (H_1) sostiene que no lo hacen.

Hipótesis de normalidad (Shapiro-Wilk)

- Hipótesis nula (H_0): Los datos presentan una distribución normal y se deben usar pruebas no paramétricas.
- Hipótesis alterna (H_1): Se acepta la hipótesis nula de normalidad y se pueden utilizar pruebas paramétricas.

Tabla 20

Resultado de la prueba de normalidad del nivel de compromiso

Prueba de normalidad	
	Shapiro-Wilk: Valor p
Programado	0.000
Real	0.512

El análisis de normalidad mostró que los valores reales sí siguen una distribución normal ($p = 0.512 > 0.05$), mientras que los valores programados no cumplen con este supuesto ($p = 0.000 < 0.05$). Debido a esta asimetría, se optó por aplicar una prueba no paramétrica: la U de Mann-Whitney.

4.2.2.2. Contrastación de hipótesis de nivel de compromiso. Hipótesis de investigación:

- H_0 : No hay diferencias entre el nivel de compromiso programado y el real.
- H_1 : Existen diferencias entre el nivel de compromiso programado y el real.

Se aplicó la prueba U de Mann-Whitney con un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$).

La regla de decisión fue:

- Si $p \geq 0.05 \rightarrow$ Se acepta H_0
- Si $p < 0.05 \rightarrow$ Se rechaza H_0

Tabla 21

Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el nivel de compromiso

	Programado		Real		U de Mann-Whitney	p
	Md	DE	Md	DE		
Nivel de compromiso	1	0	0.884	0.266	124	0.009

4.2.2.3. Nivel de significancia. Se empleó un nivel de confianza del 95% en la investigación, lo que se traduce en un valor de prueba de 0.05.

Regla de decisión

- Se acepta H_0 : si el nivel de significancia es mayor o igual a 0.05
- Se rechaza H_0 : si el nivel de significancia es menor o igual a 0.05

En la tabla 13 se presenta un nivel de significancia fue de 0.009 lo cual permite rechazar la hipótesis nula pues el valor p es menor a 0.05.

4.2.2.4. Discusión estadística. Los resultados evidencian una diferencia estadísticamente significativa entre los valores programados y reales del nivel de compromiso. Esto sugiere que la aplicación del LPS generó un impacto positivo en el involucramiento del personal, optimizando la participación en la planificación y toma de decisiones.

4.2.2.5. Conclusión estadística. Existe evidencia estadística para afirmar que la implementación del LPS influyó significativamente en el nivel de compromiso del equipo técnico, reflejando una mejora medible durante la fase de diseño.

4.2.3. Control de costos

La tercera dimensión evaluada fue el comportamiento de los costos de diseño, comparando los valores presupuestados con los costos incurridos tras la aplicación del LPS. El objetivo fue verificar si existía una variación significativa atribuible al sistema de planificación colaborativa.

4.2.3.1. Prueba de normalidad. Debido al tamaño de la muestra (igual o superior a 50 observaciones), se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Hipótesis de normalidad (Kolmogorov-Smirnov)

- Hipótesis nula (H_0): Los datos presentan una distribución normal y se deben usar pruebas no paramétricas.
- Hipótesis alterna (H_1): Los datos no presentan una distribución normal y se pueden utilizar pruebas paramétricas.

Tabla 22

Resultado de la prueba de normalidad de los costos

Prueba de normalidad	
	Kolmogorov Smirnov: Valor p
Programado	0,004
Real	0,001

Los resultados de la prueba de normalidad Kolmogorov Smirnov indican que para lo programado se muestra un valor p de 0.004, lo que indica que no presenta una distribución normal. Asimismo, para lo real se muestra que su valor p es 0.001 lo que también indicaría que

Kolmogorov Smirnov. Debido a esto se optó por utilizar la prueba de comparación U de Mann Whitney, debido a que los datos muestran ser no paramétricos.

4.2.3.2. Contrastación de hipótesis de costos. Hipótesis de investigación:

- Ho: No hay diferencias significativas entre los costos presupuestados y los costos incurridos.

- Hi: Existen diferencias significativas entre los costos presupuestados y los costos incurridos.

Se aplicó la prueba U de Mann-Whitney con un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$).

La regla de decisión fue:

- Si $p \geq 0.05 \rightarrow$ Se acepta Ho
- Si $p < 0.05 \rightarrow$ Se rechaza Ho

Tabla 23

Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el control de costos

	Presupuestado		Incurrido		U de Mann-Whitney	p
	Md	DE	Md	DE		
Costos	236688	134762	209300	134720	1104	1.0

4.2.3.3. Nivel de significancia. Se empleó un nivel de confianza del 95% en la investigación, lo que se traduce en un valor de prueba de 0.05.

Regla de decisión

- Se acepta Ho: si el nivel de significancia es mayor o igual a 0.05
- Se rechaza Ho: si el nivel de significancia es menor o igual a 0.05

En la tabla 15 se presenta un nivel de significancia fue de 1.00 lo cual permite aceptar la hipótesis nula pues el valor p es mayor a 0.05.

4.2.3.4. Discusión estadística. Los resultados no revelan diferencias estadísticamente significativas entre los costos presupuestados y los incurridos, lo cual sugiere que el uso del LPS no impactó de forma significativa en la variación económica del proyecto durante la fase de diseño.

4.2.3.5. Conclusión estadística. No se identificaron diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento de los costos. Por tanto, la implementación del LPS no generó un impacto cuantificable en términos de ahorro o sobrecostos, al menos dentro del marco analizado.

4.2.4. Conclusión del análisis estadístico.

En conjunto, el análisis cuantitativo permitió concluir que la implementación del LPS durante la fase de diseño tuvo un impacto positivo en el compromiso del personal, mientras que no se evidenciaron efectos estadísticamente significativos en los plazos ni en los costos. Estos resultados deben interpretarse en función de las características del proyecto, el contexto de aplicación y las limitaciones inherentes al tamaño muestral y al tipo de datos registrados.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Resultados de la investigación

En cuanto a los hallazgos de Pérez (2019) en su estudio sobre la evaluación de la productividad mediante la aplicación del sistema Last Planner en la construcción de un centro educativo, en donde la conclusión principal extraída de la investigación fue que la implementación de este sistema generó mejoras sustanciales en la productividad de la construcción en la institución educativa N°1110. Esto se reflejó en la ejecución exitosa del 100% de las partidas planificadas y en el cumplimiento de las metas establecidas en el proyecto. Este resultado coincide con lo obtenido en la presente investigación en donde se ha verificado la mejora del cumplimiento de plazos de entregables, así como del ahorro generado por la utilización de Las Planner System.

Con relación a los resultados obtenidos por Carrasco y Contreras (2021) en su trabajo concluyen que existen diversos factores que impactan en la ejecución del proyecto y causan incumplimientos en plazos y costos, se identificó la existencia de tres principales problemas los cuales son: la estructura del proyecto, la gestión de materiales y la planificación inadecuada, este estudio confirma que la planificación convencional dificulta la detección temprana de desviaciones en el proyecto y la respuesta oportuna para prevenir pérdidas, por lo que proponen el uso del sistema Last Planner. Estos resultados concuerdan con los problemas iniciales del proyecto como: transferencias poco claras, tiempos de entrega no confiables, bajo volumen de producción, nivel de coordinación baja, incertidumbre en el cumplimiento de plazos.

Con el estudio de Palacios y Vásquez (2021) en su investigación sobre el estudio comparativo del rendimiento utilizando el método de planificación Last Planner System (LPS) y el método de planificación convencional, en esta investigación el análisis comparativo efectuado entre el sistema tradicional de planificación y el LPS permitió observar que este último método ofrece una mayor supervisión y monitoreo de las tareas planificadas en el

proyecto; este antecedente se relaciona con la presente investigación, ya que ambas exploran la eficacia y las ventajas del sistema Last Planner en la gestión de proyectos de construcción, con enfoques similares en la optimización del proceso constructivo y la mejora del control y monitoreo de las actividades programadas.

Con relación al estudio de Prada (2022) su tesis sobre el sistema Last Planner para la construcción de módulos de viviendas en contextos rurales de Ica – 2021, en donde el propósito general fue, determinar la influencia de aplicar el sistema Last Planner para construir viviendas modulares, esta investigación concluye que: se ha determinado un efecto positivo de aplicar el sistema Last Planner para el proyecto; sin embargo no cuantifica las mejoras, como si se ha hecho en la presente investigación.

Con relación a Bermeo (2023), su tesis aborda la implementación del Last Planner System® (LPS®) en un proyecto piloto de diseño conceptual de líneas de transmisión eléctrica con una longitud total de 238 kilómetros en Perú. El objetivo principal fue evaluar la efectividad del LPS® en la mejora de la planeación colaborativa, el flujo de información, y la reducción de esfuerzo (horas hombre) en proyectos de diseño. Se identificaron problemas como silos de trabajo, restricciones en la comunicación y herramientas tradicionales ineficientes, proponiendo LPS® como solución. Entre los resultados obtenidos destacan una reducción del 13.46% en horas hombre, un Porcentaje de Promesas Cumplidas (PPC) promedio del 80%, y la estandarización de 50 flujos de información, lo que mejoró significativamente la comunicación y la colaboración entre disciplinas.

Es así como, de lo anterior, se han tenido sus principales resultados los cuales se presentarán a continuación comparándolos con la presente investigación:

Tabla 24

Resultados de la presente investigación en comparación a otras investigaciones relacionadas al tema

Tema	Resultados de investigaciones	Resultados de la presente investigación
Evaluación de la productividad usando Last Planner System en la construcción de una institución educativa.	<ul style="list-style-type: none"> - La investigación se enfocó en la fase constructiva del proyecto de construcción de la institución educativa N°1110, enfocadas en partidas estructurales con el objetivo de analizar el impacto del Last Planner System (LPS) en la productividad. Se incluyeron partidas críticas como acero, encofrado, desencofrado y concreto, seleccionadas por su alta incidencia en el costo. - La productividad tuvo una mejora significativa, reflejada en los trabajos productivos llegando a un porcentaje promedio de 45.15%, que se encuentra dentro de los rangos de 36% a 60%, el trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> - La investigación se centró en la gestión de la fase de diseño de una defensa ribereña bajo el marco contractual NEC 3 Opción F de tareas de diseño gestionadas por los contratistas responsables de la ingeniería con el objetivo de optimizar tiempos, incrementar compromisos y optimizar costos. - La métrica de Variación de Hito (MV) presentó un valor igual a 0, lo que significó que el proyecto se mantuvo en línea con la planificación establecida para la finalización de la Etapa 3B - Evaluación de Alternativas y Etapa 4 - Ingeniería de Detalle.

Tema	Resultados de investigaciones	Resultados de la presente investigación
	<p>contributorio, llegando a un porcentaje promedio de 42.33%, el cual se encuentra dentro de los rangos de 25% a 36%, y se logró en gran medida disminuir los trabajos no contributivos, llegando a obtener promedios de 12.5%, que se encuentra debajo de los rangos de 15% a 28%.</p>	<p>- Se mantuvo un Nivel de Compromiso (CL) acumulado de 88% en las diecinueve semanas de seguimiento, lo que resalta el impacto positivo del LPS en la mejora continua del compromiso del equipo con las actividades requeridas del proyecto.</p>
<p>Propuesta de implementación de la metodología Last Planner System en obras de defensa ribereña en la modalidad de ejecución de obra por administración directa. Caso de estudio:</p>	<p>- La investigación se enfocó en la fase constructiva del proyecto de defensa ribereña del río Huantanay de Cusco, bajo administración directa, donde se implementó el Last Planner System (LPS).</p> <p>- La investigación identifico que existen tres principales problemas los cuales son: la organización del proyecto, la procura y logística de materiales y la planificación inadecuada.</p>	<p>- La investigación se centró en la gestión de la fase de diseño de una defensa ribereña bajo el marco contractual NEC 3 Opción F de tareas de diseño gestionadas por los contratistas responsables de la ingeniería con el objetivo de optimizar tiempos, incrementar compromisos y optimizar costos.</p> <p>- Se evitó sobrecostos en la gestión del proyecto en la fase de diseño porque se logró finalizar las dos últimas etapas de la fase de diseño en el plazo acordado, lo que</p>

Tema	Resultados de investigaciones	Resultados de la presente investigación
<p>Construcción de defensa ribereña del río Huantanay – Cusco.</p>	<p>- La propuesta de implementación de LPS para detección temprana de desviaciones y respuesta oportuna asciende a un monto de S/.21,000.00 soles. Así mismo se determinó un costo de ahorro al proyecto de S/.3, 117,021.71 soles.</p>	<p>significó una eficiente gestión de recursos y una identificación temprana de posibles sobrecostos.</p> <p>- Se calculó de una eliminación neta del sobrecosto en la fase de Diseño, calculada en \$ 311,026.48 dólares, refleja una disminución del -3.5% en relación con el costo programado total de la Etapa 3B - Evaluación de Alternativas y Etapa 4 - Ingeniería de Detalle.</p>
<p>Análisis comparativo de la productividad utilizando el sistema de planificación Last Planner System (LPS) y el sistema de planificación tradicional.</p>	<p>- La investigación se enfocó en la comparación entre el Last Planner System (LPS) y el sistema de planificación tradicional en la construcción de viviendas multifamiliares en Chiclayo, con el objetivo de evaluar su impacto en la productividad.</p> <p>- El análisis comparativo que se realizó entre el sistema tradicional y el sistema Last Planner, se</p>	<p>- La investigación se centró en la gestión de la fase de diseño de una defensa ribereña bajo el marco contractual NEC 3 Opción F de tareas de diseño gestionadas por los contratistas responsables de la ingeniería con el objetivo de optimizar tiempos, incrementar compromisos y optimizar costos.</p> <p>- Se determinó que la metodología Last Planner es indudablemente materializada a la gestión de</p>

Tema	Resultados de investigaciones	Resultados de la presente investigación
	<p>pudo evidenciar que con este último sistema se puede llevar un mejor control y seguimiento de las actividades programadas en obra, pues las causas que podrían producir la paralización de actividades ya tendrían un frente de soluciones que han sido planteadas previamente.</p>	<p>proyectos en la fase de diseño alineados con los principios del marco contractual NEC que promueve la colaboración y la gestión proactiva de riesgos.</p>
<p>Last Planner System para la construcción de viviendas modulares en zonas rurales de Ica - 2021.</p>	<p>- La investigación aborda el uso del Last Planner System (LPS) para la construcción de viviendas modulares en comunidades rurales de Ica, seleccionados por su complejidad y la necesidad de optimizar la gestión de los recursos disponibles. Se implementaron distintas fases del LPS, incluyendo la planificación semanal y las reuniones de coordinación, para analizar sus</p>	<p>- La investigación se centró en la gestión de la fase de diseño de una defensa ribereña bajo el marco contractual NEC 3 Opción F de tareas de diseño gestionadas por los contratistas responsables de la ingeniería con el objetivo de optimizar tiempos, incrementar compromisos y optimizar costos.</p> <p>- Se evitó sobrecostos en la gestión del proyecto en la fase de diseño porque se logró finalizar las dos últimas etapas de la fase de diseño en el plazo acordado, lo que</p>

Tema	Resultados de investigaciones	Resultados de la presente investigación
	<p>efectos en la productividad y el cumplimiento de los plazos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se obtuvo una reducción del 9.3% en los costos totales del proyecto. - Se logró una reducción del 11.6% en el tiempo proyectado para la construcción de viviendas modulares. - Se calculó una reducción del 9.3% en los costos totales del proyecto, gracias a una mejor planificación y la optimización del uso de materiales y mano de obra. 	<p>significó una eficiente gestión de recursos y una identificación temprana de posibles sobrecostos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se calculó de una eliminación neta del sobrecosto en la fase de Diseño, calculada en \$ 251,460.28 dólares, refleja una disminución del -3.5% en relación con el costo programado total de la Etapa 3B - Evaluación de Alternativas y Etapa 4 - Ingeniería de Detalle.
Implementación de Last Planner System® en un proyecto de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - La investigación se enfocó en el diseño conceptual de siete líneas de transmisión con tensiones entre 138KV y 500 KV, sumando 238 	<ul style="list-style-type: none"> - La investigación se centró en la gestión de la fase de diseño de una defensa ribereña bajo el marco contractual NEC 3 Opción F. Se realizó el estudio de veintiocho entregables que conforman el componente

Tema	Resultados de investigaciones	Resultados de la presente investigación
	<p>kilómetros y equipo de siete personas distribuidas en cuatro disciplinas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se logró una reducción del 13.46% en horas hombre durante el seguimiento de la implementación (semanas 12 a 16) - El Porcentaje de Promesas Cumplidas (PPC) promedio fue del 80%, superando la meta inicial del 75%. - El 100% de los participantes consideró que LPS® mejora la comunicación, la colaboración y el flujo de información, recomendando su uso en otros proyectos. 	<p>de ingeniería de las siguientes disciplinas: topografía, geotecnia, hidráulica, componente predial, ambiental, arqueológico, social y relaciones públicas y políticas de buen vecino.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La métrica de Variación de Hito (MV) presentó un valor igual a 0, lo que significó que el proyecto se mantuvo en línea con la planificación establecida para la finalización de la Etapa 3B - Evaluación de Alternativas y Etapa 4 - Ingeniería de Detalle. - Se mantuvo un Nivel de Compromiso (CL) acumulado de 88% en las diecinueve semanas de seguimiento, lo que resalta el impacto positivo del LPS en la mejora continua del compromiso del equipo con las actividades requeridas del proyecto.

5.2. Resultados por dimensión

En esta sección se presentan los resultados obtenidos según las dimensiones definidas en la matriz de operacionalización de variables.

Tabla 25

Resultados por dimensión

Variables	Dimensiones	Indicadores	Resultados
Independiente	Control de Hitos	Variación de Hitos o Milestone Variance (MV)	La métrica de Variación de Hito (MV) presentó un valor igual a 0, lo que significó que el proyecto se mantuvo en línea con la planificación establecida para la finalización de la Etapa 3B - Evaluación de Alternativas y Etapa 4 - Ingeniería de Detalle.
	Last Planner System y compromiso	Nivel de Compromiso o Commitment Level (CL)	Se mantuvo un Nivel de Compromiso (CL) acumulado de 88% en las diecinueve semanas de seguimiento, lo que resalta el impacto positivo del LPS en la mejora continua del compromiso del equipo con las actividades requeridas del proyecto.

Dependiente	Gestión de proyectos durante la fase de diseño	Planificación de la gestión del diseño	Número de Hitos de Diseño definidos y alcanzados. Desviación entre el presupuesto real y el presupuesto planificado para la gestión de la fase de diseño.	Se definieron 15 hitos de diseño, de los cuales se alcanzaron 13 en el plazo establecido, representando un cumplimiento del 86.7%. Dos hitos presentaron retrasos superiores a 10 días. Se calculó de una eliminación neta del sobre costo en la fase de Diseño, calculada en \$ 251,460.28 dólares, refleja una disminución del -3.5% en relación con el costo programado total de la Etapa 3B - Evaluación de Alternativas y Etapa 4 - Ingeniería de Detalle.
		Cumplimiento de Costos.		

VI. CONCLUSIONES

6.1. Conclusión 1

Se aplicó la metodología Last Planner System integrada con la gestión de proyectos en la fase de diseño de la defensa ribereña. La investigación presentó la métrica de Variación de Hito (MV) con un valor igual a 0, Nivel de Compromiso (CL) acumulado de 88% en las diecinueve semanas de seguimiento, lo que resalta el impacto positivo y eliminación neta del sobre costo en la fase de Diseño, calculada en \$.311,026.48 dólares, refleja una disminución del -3.5% en relación con el costo programado total de la Etapa 3B - Evaluación de Alternativas y Etapa 4 - Ingeniería de Detalle.

6.2. Conclusión 2

Se determinó que con la aplicación del Last Planner System (LPS) se cumplió los plazos de gestión de proyectos en la fase de diseño; se logró que no exista una desviación de los Hitos de Fin en la Etapa 3B Evaluación de Alternativas y Etapa 4 Ingeniería de Detalle, se presentó un valor igual a 0 en la métrica de Variación de Hito (MV), lo que significó que el proyecto se mantuvo en línea con la planificación establecida para la finalización de estas etapas.

6.3. Conclusión 3

Se determinó que con el uso del LPS se mejoró los niveles de compromiso de los responsables de la gestión de proyectos en la fase de diseño. Se destaca que se obtuvo un Nivel de Compromiso (CL) acumulado de 88% en las diecinueve semanas de seguimiento lo que significa un alto nivel de compromiso y durante las últimas ocho semanas de seguimiento, se mantuvo un nivel del compromiso del 100%, lo que subraya aún más el impacto positivo del LPS en la mejora continua del compromiso del equipo con las actividades requeridas del proyecto.

6.4. Conclusión 4

En esta tesis se determinó que la aplicación del LPS evitó sobrecostos en la gestión del proyecto en la fase de diseño porque se logró finalizar las dos últimas etapas de la fase de diseño en el plazo acordado, lo que significó una eficiente gestión de recursos y una identificación temprana de posibles sobrecostos. Durante la Etapa 3B Evaluación de Alternativas se observó un ligero aumento en los costos, este incremento fue mínimo, representando apenas un +0.03% en comparación con lo programado. Por otro lado, la Etapa 4 Ingeniería de Detalle, presentó una disminución significativa de \$.252,620.06 dólares, equivalente a una disminución del -5.3% respecto a lo programado. Y la eliminación neta del sobrecosto en la fase de Diseño, calculada en \$.311,026.48 dólares, refleja una disminución del -3.5% en relación con el costo programado total de ambas etapas, contribuyendo a una ejecución más eficiente y rentable en el ciclo de vida del proyecto.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Recomendación 1

Se recomienda a las entidades responsables de la gestión de proyectos de infraestructura implementar el Last Planner System (LPS) como estándar en las fases de planificación y ejecución del diseño, a fin de mejorar el cumplimiento de plazos y optimizar la coordinación entre los equipos de trabajo, garantizando una mayor eficiencia en la entrega de los proyectos.

7.2. Recomendación 2

Se recomienda a los gestores y administradores de proyectos fortalecer el sistema actual de gestión de proyectos, para evolucionar de un enfoque fragmentado (Estructura de desglose de trabajo, las metodologías de la ruta crítica y del valor ganado, etc.) y limitado a una administración integral del proyecto mediante el uso del sistema Last Planner.

7.3. Recomendación 3

Se recomienda a los líderes de diseño y especialistas involucrados utilizar el sistema Last Planner tanto en la fase de ideación como en la de producción del diseño con el fin de eliminar la planificación reactiva y promover una planificación proactiva por parte de los diversos especialistas o últimos planificadores involucrados en el proceso de diseño.

7.4. Recomendación 4

Se sugiere a los responsables de la gestión y control de proyectos analizar los impactos de la aplicación de nuevas metodologías como Kanban, Agile y Scrum, algunas herramientas Lean como target value design y A3 en la gestión de proyectos ejecutados bajo el marco contractual NEC, ya que se ha demostrado la influencia positiva de aplicar Last Planner System (LPS) en la Gestión de Proyectos.

VIII. REFERENCIAS

- Alcántara, P. (2013). *Metodología para Minimizar las Deficiencias de Diseño Basada en la Construcción Virtual Usando Tecnologías BIM*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional De Ingeniería. <http://repositorio.uni.edu.pe/handle/uni/3760>
- Altertecnica. (13 de enero de 2022). Last Planner System, la herramienta fundamental de Lean Construction. *Altertecnica*. <https://altertecnica.com/last-planner-system-lean-construction/>
- Ames, L. (16 de febrero de 2023). Los Contratos NEC, una nueva era. *Círculo Peruano de Arbitraje en Contratación con el Estado (CAE)*: <https://www.caeperu.com/columnistas/luis-enrique-ames/los-contratos-NEC-una-nueva-era.html>
- Arce, J. (18 de diciembre de 2023). Lluvias en Perú 2023: más de 10 regiones seguirán teniendo precipitaciones hasta el 18 de diciembre. *Infobae*. <https://www.infobae.com/peru/2023/12/17/lluvias-en-peru-2023-senamhi-alerta-que-13-regiones-tendran-precipitaciones/>
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. [Tesis doctoral, University of Birmingham]. Repositorio Institucional de la University of Birmingham.
- Ballard, G., y Howell, G. (1998). Shielding production: An essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1), 11-17. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1998\)124:1\(11\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:1(11))
- Ballesteros, K., y Sotomayor, R. (2023). *Propuesta de una plataforma digital basada en la aplicación del Last Planner System para la construcción de edificaciones multifamiliares en Lima Metropolitana, 2022*. [Tesis de pregrado, Pontificia

- Universidad Católica del Perú]. Repositorio Académico de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/195349>
- Bermeo, C. A. (2023). *Implementación de Last Planner System en un proyecto de diseño*. [Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Repositorio de la Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/67989>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* (3ra ed.). Pearson Educación.
- Bravo, J. (2023). Aplicación de herramientas Lean Manufacturing (5S, Andon y Tiempo Estándar) para el aumento de la productividad en el área de producción de una empresa metalmecánica. *Industrial Data*, 26(1), 217-245. <https://doi.org/10.15381/idata.v26i1.24580>
- Cahuana, J. (2016). *Diseño de una defensa ribereña en el tramo crítico del AA.HH Playa Hermosa en el río Tulumayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio Institucional de la Universidad Alas Peruanas. <https://hdl.handle.net/20.500.12990/3731>
- Calderón, M. (2020). *Implementación de Lean Construction en Cusco - Perú*. [Trabajo de investigación de posgrado, Universitat Politècnica de Valencia], Repositorio de la Universitat Politècnica de Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/152827>
- Carrasco, M., y Contreras, L. (2021). *Propuesta de implementación de la metodología Last Planner System en obras de defensa ribereña en la modalidad de ejecución de obra por administración directa. Caso de estudio: Construcción de defensa ribereña del Río Huatanay – Cusco*. [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/658630>
- Carrillo, D. (2022). *Implementación Last Planner System (LPS) en el proyecto Urban Salitre Zürich E2, construido por Ménsula Ingenieros S. A.* [Tesis de maestría, Universidad de

los Andes], Repositorio de la Universidad de los Andes.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/c0a7947c-0de8-4826-a7f2-f8016428557c>

Casas, C. (2022). *Análisis de la implementación del modelo de gestión Lean Construction en la industria de la construcción en Perú*. [Trabajo de investigación de posgrado, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio Académico de la Universidad Politécnica de Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/187342>

Cornejo, K., Gonzales, F., y Tapia, V. (2017). *Implementación de Last Planner System en actividades de concreto armado para proyectos de edificación industrial*. [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://hdl.handle.net/10757/623900>

Díaz, M. (2021). *Modelo de implementación integrada del sistema del último planificador (LPS) 1.0 y 2.0 para proyectos inmobiliarios en Colombia*. [Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Repositorio de la Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/55802>

El Peruano, E. (28 de mayo de 2023). *El Peruano*. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2181939-2>

Espinoza, E. (2021). *Aplicación del Last Planner System para mejorar el cumplimiento de plazos de Ejecución en Edificaciones - Lima*. [Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional Universidad Peruana Los Andes. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/3001>

Fustamante, M. (2014). *Implementación del Sistema Integrado BIM-LEAN-GREEN (BLG) en la fase de Diseño de Proyectos de Construcción*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/654>

- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw-Hill Education.
- Ignacio, F. (2021). Reflexiones sobre el concepto de desastres natural. *Espacio y Economía. Revista de Geografía Económica*, (22), 1-15. <https://doi.org/10.4000/espacoeconomia.21037>
- Kennedy, M. (2003). *Product development for the lean enterprise*. Oaklea Press.
- Koskela, L., Ballard, G. y Tanhuanpää V. (1997). Towards lean design management. En *5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. International Group for Lean Construction. <https://iglc.net/Papers/Details/27>
- Kumar, R. (2015). *Research methodology: A step-by-step guide for beginners* (4a ed.). SAGE Publications.
- Laborde, A. (26 de junio de 2023). Las lluvias más fuertes en los últimos 30 años dejan dos muertos y casi 10,000 personas aisladas en Chile. *El País*. <https://elpais.com/chile/2023-06-26/las-lluvias-mas-fuertes-en-los-ultimos-30-anos-dejan-dos-muertos-y-casi-10000-personas-aisladas-en-chile.html>
- Lahdenperä, P., y Tanhuanpää, V. (2000). Creation of a new design management system based on process optimization and proactive strategy. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 7(3), 267-277. <https://doi.org/10.1108/eb021151>
- Mas, A. (2022). *Aplicación de la metodología Last Planner System en el mejoramiento de la productividad de la construcción de la institución educativa N° 776591 Porvenir – Trujillo*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada Antenor Orrego. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/10159>
- Masías, W., Quispe, L., y Ramos, R. (2021). *Propuesta y análisis de diseño de defensas ribereñas en el río Yapatera del distrito de Chulucanas – Piura*. [Tesis de pregrado,

- Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio Académico de la Universidad San Ignacio de Loyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8d3bdb67-bdde-48a0-af34-b33a20b16ea7/content>
- Medina C., G. (5 de febrero de 2024). La técnica de los 5 ¿Por qué?: Análisis de la causa raíz de los problemas. *Lean Construction México*. <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/la-t%C3%A9cnica-de-los-5-por-qu%C3%A9-an%C3%A1lisis-de-la-causa-ra%C3%ADz-de-los-problema>
- Medina, J. (2019). El Acuerdo de Gobierno a Gobierno y los Contratos NEC: ¿Soluciones a las deficiencias de la normativa de contrataciones del Estado que puedan ser replicadas por todas las entidades?. *IUS ET VERITAS*, (58), 110-127. <https://doi.org/10.18800/iusetveritas.201901.006>
- Medina, J. (2023). Contratos Estándares Internacionales de Construcción: apuntes para una eventual regulación de estos modelos en la normativa de Contrataciones del Estado. *IUS ET VERITAS*, (16), 137-148. <https://doi.org/10.18800/iusetveritas.202301.009>
- Mejía, C., Guevara, J., y Moncaleano, D. (2015). *Guía práctica para realizar una Pull Session*. [Documento de trabajo, Universidad de los Andes]. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstreams/9fd7068f-aa41-47f6-b35a-8a05025b6caf/download>
- Ornaghi, J. (2021). *Análisis de barreras existentes para la implementación de Lean Construction en el sector de la construcción en países de Iberoamérica*. [Trabajo de investigación de posgrado, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio de la Universidad Politécnica de Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/168973>
- Palacios, F. y Vásquez, J. (2021). *Análisis comparativo de la productividad utilizando el sistema de planificación Last Planner System y el sistema de planificación tradicional, en la construcción del proyecto Villa San Antonio de Chiclayo - Monsefú - Chiclayo*.

- [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Piura. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3129>
- Paredes, L., Tinoco, O., Rosales, P., Valladares, F., y Ponce, W. (2023). Aplicación de la metodología Lean en la gestión empresarial. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 3175-3189. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.480>
- Pérez, R. (2019). *Evaluación de la productividad usando Last Planner System en la construcción de una institución educativa*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana Los Andes. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1106>
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos* (Guía del PMBOK) (5a ed.). Institute Project Management.
- Pons, J. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Fundación Laboral de la Construcción.
- Pons, J., y Rubio, I. (2019). *Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner System..* Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Portillo, D., y Viera, M. (2020). *Análisis del modelo de gestión Gobierno a Gobierno*. [Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional de la Universidad Ricardo Palma. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3668>
- Posadas, R., Silva, L., Manrique, A., y Bulege, W. (2023). Vulnerabilidad ante desastres naturales: Una visión desde el enfoque socio-comunicacional y algunas consideraciones sobre la gestión de riesgos naturales en el Perú. *Encuentros. Revista de Ciencias Humanas, Teoría Social y Pensamiento Crítico*, (17), 424-437. <https://encuentros.unermb.web.ve/index.php/encuentros/article/view/408/360>

- Prada, R. (2022). *Last Planner System para la construcción de viviendas modulares en zonas rurales de Ica – 2021*. [Tesis de maestría, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/86072>
- Ramos, R., y Salvador, S. (2013). *Evaluación de la aplicación del sistema Last Planner en la construcción de edificios multifamiliares en Arequipa*. [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://hdl.handle.net/10757/306533>
- Richert, T. (24 de mayo de 2017). What is the Last Planner System?. *Lean Construction Blog*. <https://leanconstructionblog.com/What-is-the-Last-Planner-System-Que-es-el-Last-Planner-System.html>
- Rodas, B. (2020). *Metodologías Lean Construction y Green Building: principales características e importancia de aplicación en el sector de la construcción en Colombia*. [Trabajo de investigación de posgrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio de la Universidad Militar de Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/38550>
- Royal Institute of British Architects. (2020). RIBA Plan of Work 2020. *RIBA Plan of Work*. <https://www.architecture.com/knowledge-and-resources/resources-landing-page/riba-plan-of-work>
- Solis, E., y Valverde, L. (20 de junio de 2023). Reconstrucción sin cambios: cuando la prevención no es una prioridad. *IDEHPUCP*. <https://idehpucp.pucp.edu.pe/analisis1/reconstruccion-sin-cambios-cuando-la-prevencion-no-es-una-prioridad/>
- Stan, C. y Cousins, B. (2020). Last Planner System® in Design. *Lean Construction Journal*, 78-99. https://lean-construction-gcs.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2022/08/08160606/LCJ_20_006.pdf

Swain, S. & Maharathi (2023). Análisis de soluciones para la mitigación de inundaciones mediante defensas fluviales. *Journal of Hydraulic Engineering*, 149(3), 402-418.

Womack, J., Jones, D., y Roos, D. (2017). *La máquina que cambió el mundo*. Profit.

IX. ANEXOS

ANEXO A

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de consistencia						
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"APLICACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM Y GESTIÓN DE PROYECTOS DURANTE LA FASE DE DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS CON MARCO CONTRACTUAL NEC3 OPCIÓN F"					
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES			
			VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICA
General:	General:	General:	Independiente:			
¿Cómo impacta la aplicación del Last Planner System en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F	Evaluar el impacto de la aplicación del Last Planner System en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F.	La aplicación del Last Planner System va a permitir cumplir de manera efectiva con la gestión proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F.	Last Planner System	1. Control de Hitos 2. Participación y compromiso	- Variación de Hitos o Milestone Variance (MV) - Nivel de Compromiso o Commitment Level (CL)	- Análisis documental - Análisis documental
Específicos:	Específicos:	Hipótesis específicas:	Dependiente:			
- ¿De qué manera el Last Planner System permite cumplir los plazos en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F? - ¿De qué manera el Last Planner System mejora los niveles de compromiso del personal en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F? - ¿De qué manera el Last Planner System evita sobre costos en la gestión del proyecto durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F?	-Determinar si con la aplicación del Last Planner System se cumplen los plazos en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F. -Determinar si con la aplicación del Last Planner System mejoran los niveles de compromiso del personal en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F. -Determinar si con la aplicación del Last Planner System se evitan sobre costos en la gestión de proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F.	-La aplicación del Last Planner System permite cumplir con los plazos de la gestión proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F. -La aplicación del Last Planner System permite mejorar los niveles de compromiso del personal en la gestión proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F. - La aplicación del Last Planner System permite evitar sobre costos en la gestión proyectos durante la fase de diseño de defensas ribereñas con marco contractual NEC3 Opción F.	Gestión de proyectos durante la fase de diseño	1. Planificación de la gestión del diseño 2. Cumplimiento de Plazo y Costos.	- Número de Hitos de Diseño definidos y alcanzados. - Desviación entre el presupuesto real y el presupuesto planificado para la gestión de la fase de diseño.	- Análisis documental - Análisis documental

ANEXO B**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES					
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	Técnica	Instrumento	Escala
Independiente:					
Last Planner System	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento de Plazos - Compromiso del personal 	<ul style="list-style-type: none"> - Variación de Hitos o Milestone Variance (MV) - Nivel de Compromiso o Commitment Level (CL) 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis documental - Análisis documental 	<ul style="list-style-type: none"> - Formato Control de Variación de Hitos. - Formato Control de Nivel de Compromiso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuantitativa - Cuantitativa
Dependiente:					
Gestión de proyectos durante la fase de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento de Plazos - Control de Costos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Número de Hitos de Diseño definidos y alcanzados. - Desviación entre el presupuesto real y el presupuesto planificado para la gestión de la fase de diseño. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis documental - Análisis documental 	<ul style="list-style-type: none"> - Formato Control de Variación de Hitos. - Formato Control de Costos 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuantitativa - Cuantitativa

ANEXO C

**CARACTERIZACIÓN DE LOS ENCUESTADOS SEGÚN PERFILES EXIGIDOS EN
PROYECTOS NEC 3 OPCIÓN F – DEFENSAS RIBEREÑAS**

N°	Especialidad / Perfil técnico	Formación mínima exigida	Experiencia mínima / valorada en TDR NEC	Rol / Función en proyecto
01	Jefe de equipo de diseño (Director de proyecto)	Ing. civil o agrícola, colegiado	>10–15 años en dirección de diseños de obras hidráulicas/recursos hídricos; liderazgo multidisciplinario en últimos 10 años	Dirección técnica general del diseño y coordinación multidisciplinaria
02	Coordinador de diseño (río)	Ing. civil o agrícola	1–2 proyectos de diseño hidráulico/recursos hídricos en últimos 5 años	Coordinación técnica en diseños de defensas ribereñas
03	Especialista hidráulico	Ing. civil/agrícola o afín	≥2 proyectos de diseño hidráulico en últimos 5 años	Diseño y revisión de modelos hidráulicos
04	Modelador hidráulico	Ing. civil/agrícola	Experiencia en ≥3 estudios de modelamiento hidráulico	Simulación de caudales y escenarios de inundación
05	Jefe de especialidad estructural	Ing. civil (estructuras)	>10 años en diseño estructural; ≥2 proyectos últimos 5 años	Diseño de estructuras asociadas a defensas ribereñas
06	Especialista estructural	Ing. civil (estructuras)	1–2 proyectos en últimos 5 años	Diseño y cálculo de elementos estructurales
07	Jefe de especialidad hidrología	Ing. civil/agrícola/mecánica de fluidos	Experiencia amplia en estudios hidrológicos para obras hidráulicas	Dirección de estudios hidrológicos
08	Jefe de estudio geotécnico	Ing. civil / Geólogo	Experiencia en estudios geotécnicos de obras hidráulicas en últimos 5 años	Coordinación de estudios de mecánica de suelos
09	Especialista geotecnia	Ing. civil, colegiado	≥2 proyectos hidráulicos últimos 5 años	Ensayos y análisis geotécnicos de diseño
10	Jefe de laboratorio de suelos	Ing. civil, colegiado	Jefatura de laboratorio en últimos 5 años	Supervisión de ensayos de mecánica de suelos
11	Jefe de topografía	Ing. civil o topógrafo	>10 años en trabajos topográficos para diseños	Dirección de levantamientos topográficos

12	Topógrafo especialista (fotogrametría)	Ing./Téc. topografía	>4 años; experiencia en proyectos hidráulicos	Levantamientos y fotogrametría para diseño
13	Especialista ambiental	Ing. ambiental o afín	Experiencia en EIA/IGA/SEIA para proyectos hidráulicos	Elaboración de reportes y permisos ambientales
14	Especialista social (PBVRP/PRC/PPC)	Sociología, Trabajo social o afín	Experiencia en planes sociales y liberación de áreas en proyectos NEC	Relacionamiento comunitario y liberación de áreas
15	Especialista predial	Abogado/Ing./Arq.	≥4 años (predial) o verificador catastral habilitado con ≥2 años en D.L. 1192	Liberación de predios, saneamiento físico-legal
16	Especialista arqueología	Arqueólogo	Experiencia en proyectos con liberación arqueológica	Gestión ante Ministerio de Cultura

ANEXO D
INSTRUMENTO 01 - ENCUESTA

ANEXO E

INSTRUMENTO 02 – FORMATO CONTROL DE VARIACIÓN DE HITOS




ANEXO F

INSTRUMENTO 03 – FORMATO CONTROL DE NIVEL DE COMPROMISO

ANEXO G

INSTRUMENTO 04 – FORMATO CONTROL DE COSTOS

ANEXO H
FICHAS TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS Y VALIDACIÓN DE JUICIO
DE EXPERTOS

Control de Nivel de Compromiso (CL)				
Fase de Diseño				
N° Semana:				
ID Actividad	Descripción Actividad Requerida	Responsable	¿Cumplió promesa?	Porcentaje (%)
Experto 01:				
Apellidos y Nombres:	Ramirez Morales Jhonatan	Firma:	Puntaje:	5
CIP:	231185			
Experto 02:				
Apellidos y Nombres:	Vargas Enciso Jhilber	Firma:	Puntaje:	5
CIP:	238934			
Experto 03:				
Apellidos y Nombres:	Emanuel Quispe Meza	Firma:	Puntaje:	5
CIP:	245835			
			Puntaje promedio:	5

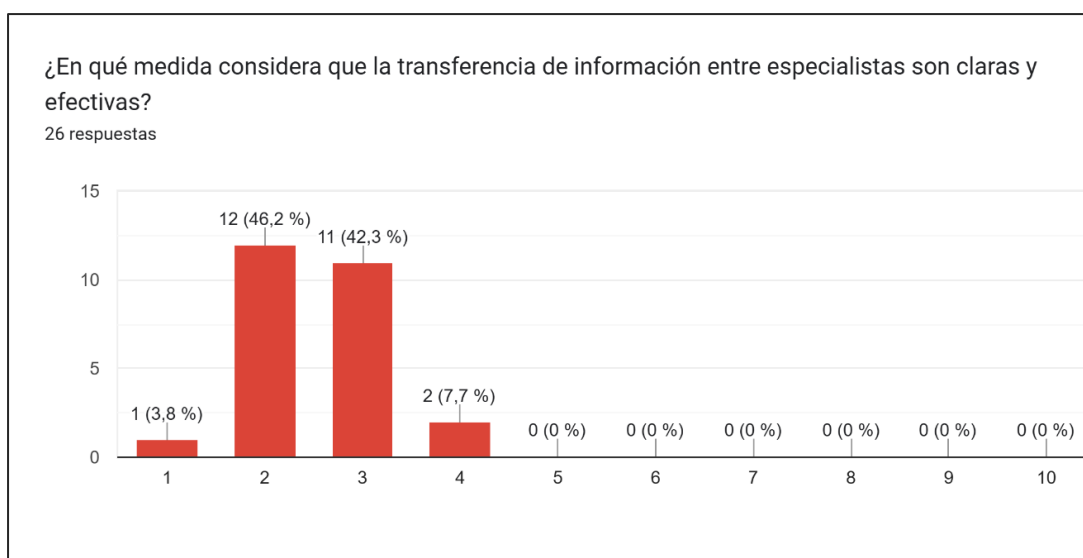
ANEXO I

REGISTRO DEL CUESTIONARIO DE DIAGNÓSTICO INICIAL

Encuestado:	¿En qué medida considera que la transferencia de información entre especialistas es clara y efectiva?	¿Qué tan confiado se siente en el tiempo asignado para recibir un entregable de diseño por otro miembro del equipo?	¿Cuál es su percepción sobre el volumen de entregas por semana?	¿Ha notado una disminución en la dinámica positiva del grupo recientemente?	¿Qué tan preocupado está por no poder cumplir con los plazos de diseño en la fecha límite requerida?
Encuestado 01	3	5	4	8	10
Encuestado 02	4	2	5	10	9
Encuestado 03	2	1	4	7	8
Encuestado 04	3	3	4	8	9
Encuestado 05	2	2	3	10	10
Encuestado 06	1	2	3	5	10
Encuestado 07	2	1	3	9	10
Encuestado 08	2	2	2	9	10
Encuestado 09	3	3	4	8	9
Encuestado 10	3	2	3	9	10
Encuestado 11	2	3	4	10	10
Encuestado 12	2	1	4	9	10
Encuestado 13	3	2	3	8	9
Encuestado 14	3	3	3	10	10

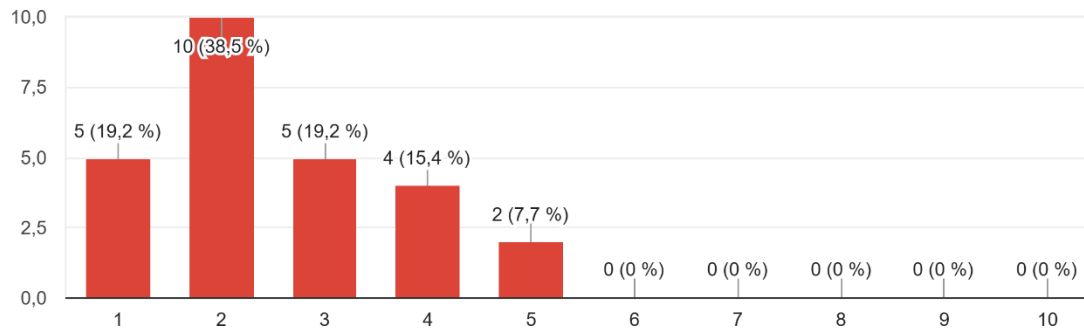
Encuestado 15	3	2	3	8	10
Encuestado 16	3	2	3	8	9
Encuestado 17	4	3	2	10	10
Encuestado 18	2	5	5	9	10
Encuestado 19	2	4	4	10	10
Encuestado 20	3	2	3	8	9
Encuestado 21	2	4	4	9	8
Encuestado 22	3	4	2	10	10
Encuestado 23	2	1	4	10	10
Encuestado 24	3	1	4	9	9
Encuestado 25	2	2	3	9	9
Encuestado 26	2	4	3	10	10

A continuación, se presentan los gráficos generados por la plataforma Google Forms a partir de las respuestas del cuestionario de diagnóstico inicial aplicado al equipo técnico del proyecto.



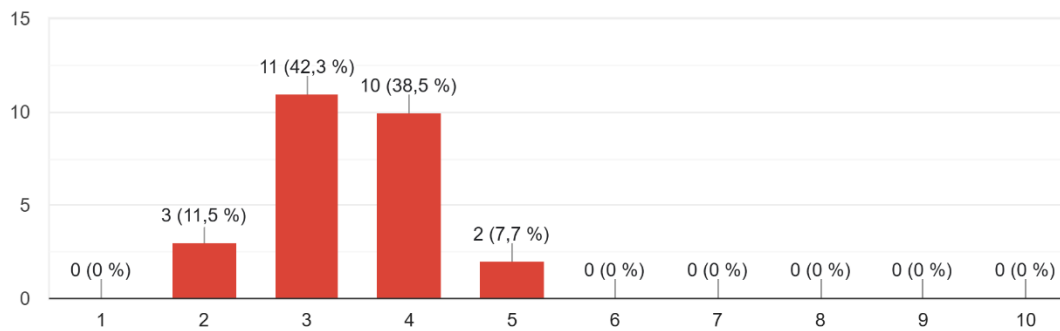
¿Qué tan confiado se siente en el tiempo asignado para recibir un entregable de diseño por otro miembro del equipo?

26 respuestas



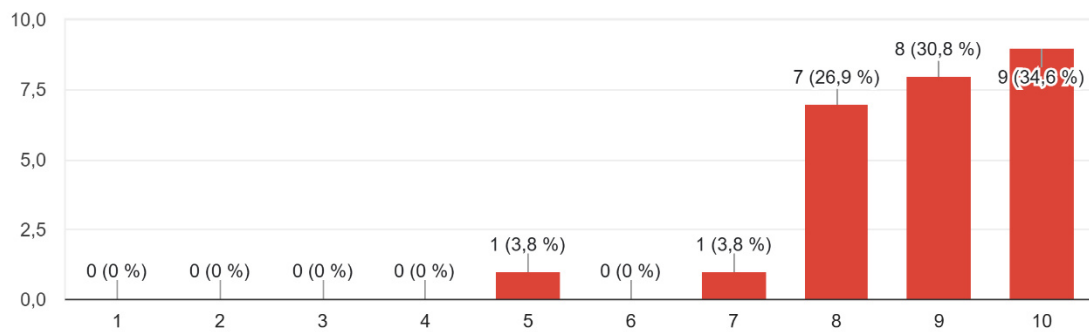
¿Cuál es su percepción sobre el volumen de entregas por semana?

26 respuestas



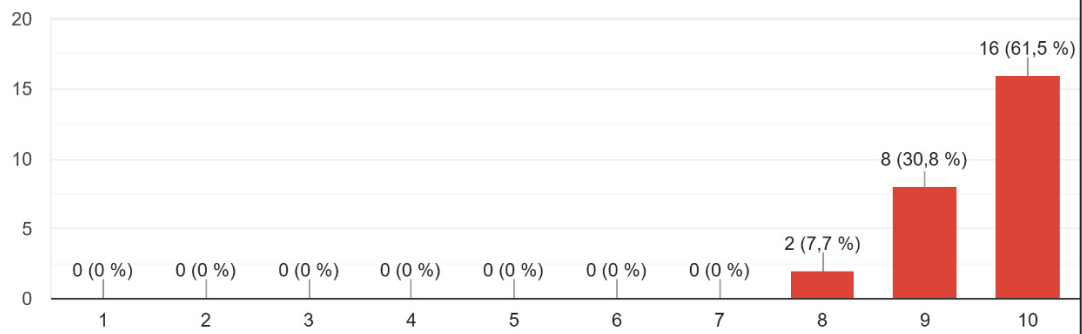
¿Ha notado una disminución en la dinámica positiva del grupo recientemente?

26 respuestas



¿Qué tan preocupado está por no poder cumplir con los plazos de diseño en la fecha límite requerida?

26 respuestas



ANEXO J
REGISTRO DE PLANIFICACIÓN PULL

ANEXO K
CUADROS DE ANÁLISIS PROCESADOS

Registro de Hitos (MV) - Etapa 3B

Semana	Fin de Etapa 3B Planeado	Fin de Etapa 3B Real	Variación de Hitos (MV)
25	30-Set-23	30-Set-23	0
26	30-Set-23	05-Oct-23	5
27	30-Set-23	02-Oct-23	2
28	30-Set-23	01-Oct-23	1
29	30-Set-23	29-Set-23	-1-
30	30-Set-23	30-Set-23	0
31	30-Set-23	30-Set-23	0
32	30-Set-23	01-Oct-23	1
33	30-Set-23	29-Set-23	1
34	30-Set-23	30-Set-23	0
35	30-Set-23	30-Set-23	0

Registro de Hitos (MV) - Etapa 4

Semana	Fin de Etapa 4 Planeado	Fin de Etapa 4 Real	Variación de Hitos (MV)
28	8-Dic-23	8-Dic-23	0
29	8-Dic-23	9-Dic-23	1
30	8-Dic-23	8-Dic-23	0
31	8-Dic-23	8-Dic-23	0
32	8-Dic-23	7-Dic-23	-1
33	8-Dic-23	8-Dic-23	0
34	8-Dic-23	8-Dic-23	0
35	8-Dic-23	9-Dic-23	1
36	8-Dic-23	7-Dic-23	-1
37	8-Dic-23	8-Dic-23	0
38	8-Dic-23	8-Dic-23	0
39	8-Dic-23	8-Dic-23	0
40	8-Dic-23	8-Dic-23	0
41	8-Dic-23	8-Dic-23	0
42	8-Dic-23	8-Dic-23	0
43	8-Dic-23	8-Dic-23	0

Registro de Cálculo del Compromiso Semanal (CL%)

Semana	Actividades requeridas	Actividades requeridas comprometidas	Nivel de Compromiso (CL%)
25	3	3	100%
26	3	0	0%
27	3	1	33%
28	11	10	91%
29	11	9	82%
30	11	11	100%
31	11	11	100%
32	11	10	91%
33	11	11	100%
34	11	11	100%
35	11	9	82%
36	11	11	100%
37	11	11	100%
38	11	11	100%
39	11	11	100%
40	11	11	100%
41	11	11	100%
42	11	11	100%
43	11	11	100%

Registro de Evaluación de Costos - Etapa 3B

N	Entregable	Programado	%	Ejecutado	Diferencia
		\$	%	\$	\$
23	Plan de Gestión de Tráfico	\$71,006.31	5	\$74,556.63	\$3,550.32
24	Modelo Hidráulico Base Integrado con soluciones propuestas	\$189,350.15	0	\$189,350.15	\$0.00
25	Análisis multicriterio – Soluciones mejoradas Qda. Pampa del Toro	\$260,356.46	0	\$260,356.46	\$0.00
26	Análisis Multicriterio Soluciones mejoradas - Integrado	\$260,356.46	0	\$260,356.46	\$0.00
27	Directrices para la definición del CAPEX y OPEX.	\$165,681.38	7.7	\$178,438.85	\$12,757.47
28	Listado justificado de macroprecios para valoración de CAPEX.	\$236,687.69	0	\$236,687.69	\$0.00
29	Metodología para el modelo SCBA	\$236,687.69	0	\$236,687.69	\$0.00
30	Anteproyecto Arquitectura y Paisajismo	\$236,687.69	-1.6	\$232,900.69	-\$3,787.00
31	Modelo SCBA Pampa del Toro	\$236,687.69	0	\$236,687.69	\$0.00
32	Modelo SCBA Integrado	\$236,687.69	-4.8	\$225,326.68	-\$11,361.01

33	Estudio de áreas auxiliares y accesos	\$118,343.84	0	\$118,343.84	\$0.00
34	Inventario de Interferencias de Servicios Públicos	\$118,343.84	0	\$118,343.84	\$0.00

Registro de Evaluación de Costos - Etapa 4

N	Entregable	Programado	%	Ejecutado	Diferencia
		\$	%	\$	\$
35	Mantenimiento de Vías Existentes	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
36	Arquitectura y Paisajismo	\$379,238.23	0	\$379,238.23	\$0.00
37	Diseño Para Contratación Sub. A1	\$237,023.89	0	\$237,023.89	\$0.00
38	Protección y encauzamiento	\$284,428.67	-5.9	\$267,647.38	-\$16,781.29
39	Ingeniería de Detalle Puente Pardo	\$474,047.78	-5.9	\$446,078.96	-\$27,968.82
40	Ingeniería de Detalle Puente Panamericana	\$474,047.78	-5.9	\$446,078.96	-\$27,968.82
41	Ingeniería de Detalle de Interferencias - SA1	\$237,023.89	-11.8	\$209,055.07	-\$27,968.82

42	Diseño Para Contratación Sub. A2	\$237,023.89	-6.8	\$220,906.27	-\$16,117.62
43	Protección, encauzamiento, tomas y retornos – Sub.A2	\$474,047.78	-3.6	\$456,982.06	-\$17,065.72
44	Ingeniería de Detalle de Interferencias - SA2	\$237,023.89	-11.8	\$209,055.07	-\$27,968.82
45	Diseño Para Contratación Sub. A3	\$237,023.89	-8.7	\$216,402.81	-\$20,621.08
46	Protección, encauzamiento, tomas y retornos – Sub.A3	\$284,428.67	-12.5	\$248,875.09	-\$35,553.58
47	Ingeniería de Detalle Puente A3	\$474,047.78	-7.3	\$439,442.29	-\$34,605.49
48	Diseño Para Contratación Sub. A4	\$118,511.95	0	\$118,511.95	\$0.00
49	Diseño Para Contratación Sub. A4	\$118,511.95	0	\$118,511.95	\$0.00
50	Protección, encauzamiento, tomas y retornos – Sub.A4	\$474,047.78	0	\$474,047.78	\$0.00

ANEXO L**TABLAS Y CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Base de Datos – Dimensión: Cumplimiento de Plazos

N°	Hitos	Plazo Programado (días)	Plazo Real (días)
01	Plan de Gestión de Tráfico	21	22
02	Modelo Hidráulico Base Integrado con soluciones propuestas	52	52
03	Análisis multicriterio – Soluciones mejoradas Qda. Pampa del Toro	16	18
04	Análisis Multicriterio Soluciones mejoradas - Integrado	59	59
05	Directrices para la definición del CAPEX y OPEX	14	15
06	Listado justificado de macro precios para valoración de CAPEX	14	14
07	Metodología para el modelo SCBA	50	50
08	Anteproyecto Arquitectura y Paisajismo	64	63
09	Modelo SCBA Pampa del Toro	16	16
10	Modelo SCBA Integrado	22	21
11	Estudio de áreas auxiliares y accesos	19	19
12	Inventario de Interferencias de Servicios Públicos	57	57

13	Mantenimiento de Vías Existentes	18	18
14	Arquitectura y Paisajismo	122	122
15	Diseño Para Contratación Sub. A1	45	45
16	Protección y encauzamiento	35	35
17	Ingeniería de Detalle Puente Pardo	35	33
18	Ingeniería de Detalle Puente Panamericana	35	33
19	Ingeniería de Detalle de Interferencias - SA1	35	33
20	Diseño Para Contratación Sub. A2	45	42
21	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA2	56	54
22	Ingeniería de Detalle de Interferencias - SA2	35	31
23	Diseño Para Contratación Sub. A3	24	22
24	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA3	25	22
25	Ingeniería de Detalle Puente A3	56	52
26	Diseño Para Contratación Sub. A4	25	25
27	Diseño Para Contratación Sub. A4 (Pampa del Toro)	26	26
28	Protección, encauzamiento, tomas y retornos - SA4	42	42

Prueba de Normalidad – Cumplimiento de Plazos (Shapiro-Wilk)

Variable	Prueba	Valor p
Plazo Programado	Shapiro-Wilk	0.057
Plazo Real	Shapiro-Wilk	0.042

Prueba U de Mann-Whitney – Cumplimiento de Plazos

Variable	Md (Programado)	DE (Programado)	Md (Real)	DE (Real)	p
Plazo	35	15.9	33	15.5	0.771

Programa SPSS Versión XX: Cumplimiento de Plazos

Ingreso de las duraciones para el cálculo de la variación de hitos (MV).

Visible: 2 de 2 variables

	PROGRAMADO	REAL	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	21.00	22.00														
2	52.00	52.00														
3	16.00	18.00														
4	59.00	59.00														
5	14.00	15.00														
6	14.00	14.00														
7	50.00	50.00														
8	64.00	63.00														
9	16.00	16.00														
10	22.00	21.00														
11	19.00	19.00														
12	57.00	57.00														
13	35.00	35.00														
14	35.00	33.00														
15	35.00	33.00														
16	35.00	33.00														
17	45.00	42.00														
18	56.00	54.00														
19	35.00	31.00														
20	24.00	22.00														
21	25.00	22.00														
22	56.00	52.00														

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode ON

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	PROGRAM...	Numérico	8	2	PROGRAMADO PLAZO	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Desconocido	Entrada
2	REAL	Numérico	8	2	REAL PLAZO	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Desconocido	Entrada
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											

Base de Datos – Dimensión: Compromiso del Personal

Semana	Compromiso Programado	Compromiso Real
25	100%	100%
26	100%	0%
27	100%	33%
28	100%	91%
29	100%	82%
30	100%	100%
31	100%	100%
32	100%	91%
33	100%	100%
34	100%	100%
35	100%	82%
36	100%	100%
37	100%	100%
38	100%	100%
39	100%	100%

Base de Datos – Dimensión: Control de Costos

Item	Costo Presupuestado (S/)	Costo Incurrido (S/)
Entregable 23	\$ 71,006.31	\$ 74,556.63
Entregable 24	\$ 189,350.15	\$ 189,350.15
Entregable 25	\$ 260,356.46	\$ 260,356.46
Entregable 26	\$ 260,356.46	\$ 260,356.46
Entregable 27	\$ 165,681.38	\$ 178,438.85
Entregable 28	\$ 236,687.69	\$ 236,687.69
Entregable 29	\$ 236,687.69	\$ 236,687.69
Entregable 30	\$ 236,687.69	\$ 232,900.69
Entregable 31	\$ 236,687.69	\$ 236,687.69
Entregable 32	\$ 236,687.69	\$ 225,326.68
Entregable 33	\$ 118,343.84	\$ 118,343.84
Entregable 34	\$ 118,343.84	\$ 118,343.84
Entregable 35	\$ -	\$ -
Entregable 36	\$ 379,238.23	\$ 379,238.23
Entregable 37	\$ 237,023.89	\$ 237,023.89
Entregable 38	\$ 284,428.67	\$ 267,647.38
Entregable 39	\$ 474,047.78	\$ 446,078.96
Entregable 40	\$ 474,047.78	\$ 446,078.96
Entregable 41	\$ 237,023.89	\$ 209,055.07
Entregable 42	\$ 237,023.89	\$ 220,906.27

Entregable 43	\$ 474,047.78	\$ 456,982.06
Entregable 44	\$ 237,023.89	\$ 209,055.07
Entregable 45	\$ 237,023.89	\$ 216,402.81
Entregable 46	\$ 284,428.67	\$ 248,875.09
Entregable 47	\$ 474,047.78	\$ 439,442.29
Entregable 48	\$ 118,511.95	\$ 118,511.95
Entregable 49	\$ 118,511.95	\$ 118,511.95
Entregable 50	\$ 474,047.78	\$ 474,047.78

Prueba de Normalidad – Costos (Kolmogorov-Smirnov)

Variable	Prueba	Valor p
Costo Presupuestado	Kolmogorov-Smirnov	0.004
Costo Incurrido	Kolmogorov-Smirnov	0.001

Prueba U de Mann-Whitney – Costos

Variable	Md (Presupuestado)	DE (Presupuestado)	Md (Incurrido)	DE (Incurrido)	p
Costo	236688	134762	209300	134720	1.0

