



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Implementación de la filosofía construcción sin pérdidas en un proyecto de
una Institución Educativa

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Ancajima Menacho, Bryan Paul
ORCID: 0009-0004-1489-1294

Rojas Pastor, Flavio Cesar
ORCID: 0009-0001-8473-4057

ASESORA

Chavarría Reyes, Liliana Janet
ORCID: 0000-0002-1759-2132

Lima, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor(es)

Ancajima Menacho, Bryan Paul

DNI: 76965931

Rojas Pastor, Flavio Cesar

DNI: 73571127

Datos de asesor

Chavarría Reyes, Liliana Janet

DNI: 25481792

Datos del jurado

JURADO 1

Carbajal Olortegui, Luis Alberto

DNI: 09160106

ORCID: 0000-0001-5928-3971

JURADO 2

Davila Fernandez, Susana Irene

DNI: 09147106

ORCID: 0000-0002-6949-1317

JURADO 3

Delgado Contreras, Genaro Alfredo Jesus

DNI: 06621687

ORCID: 0000-0002-4612-0433

JURADO 4

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0003-2527-3665

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 02.01.01

Código del Programa: 732016

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, **Ancajima Menacho Bryan Paul**, con código de estudiante N° **201510330**, con DNI N° **76965931**, con domicilio en **Calle Fisher N°150**, distrito **Surquillo**, provincia y departamento de **Lima**, y **Rojas Pastor Flavio Cesar**, con código de estudiante N° **201520522**, con DNI N° **73571127**, con domicilio en **Av. Los Lirios N°298**, distrito **San Juan de Miraflores**, provincia y departamento de **Lima**.

En nuestra condición de bachilleres en la **Universidad Ricardo Palma** de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

La presente tesis titulado: “**Implementación de la filosofía de construcción sin perdidas en un proyecto de una institución educativa**”, es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento de la docente **Chavarría Reyes Liliana Janet**, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc; (el/la) cual ha sido sometido (a) al antiplagio Turnitin y tiene el **21%** de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumo responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 10 de octubre del 2023

Ancajima Menacho Bryan Paul

DNI N° 76965931

Rojas Pastor Flavio Cesar

DNI N° 73571127

INFORME DE ORIGINALIDAD TURNITIN

Implementación de la filosofía construcción sin perdidas en un proyecto de una Institución Educativa

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %	20 %	5 %	7 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5 %
2	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	3 %
3	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1 %
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	www.repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1 %
6	W. D. van Suijlekom. "Noncommutative Families of Instantons", International Mathematics Research Notices, 05/06/2008 Publicación	1 %
7	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %

DEDICATORIA

A mis padres por brindarme su apoyo incondicional y otorgarme la posibilidad de forjarme una carrera profesional y a mi hijo Santiago Rojas Castillo, que en paz descansa, por ser mi mayor motivación para cumplir todas mis metas. Siempre les estaré muy agradecido.

Rojas Pastor Flavio Cesar

Agradecer a Dios por darme la oportunidad de haber estudiado, a mis padres Edgar y Maruja por su apoyo sin condiciones y por guiarme por el camino de la ingeniería, a mis colegas y amigos de la universidad por ser una motivación más para culminar mis estudios y un agradecimiento especial a mi colega y hermano Juan Carlos Oliden Cruz, él cual estuvo presente de inicio a fin en mi trayectoria universitaria. Éste logro va por ustedes.

Ancajima Menacho Bryan Paul

AGRADECIMIENTO

A nuestra querida Universidad Ricardo Palma, que nos aportó los valores y conocimientos necesarios para culminar nuestra profesión a lo largo de los últimos cinco años.

A nuestra asesora Mg. Chavarría Reyes Liliana Janet por su aporte académico y profesional en nuestro trabajo de investigación.

Bryan y Flavio.

ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD TURNITIN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1. Formulación y delimitación del problema	2
1.1.1. Problema general	3
1.1.2. Problemas específicos	3
1.2. Objetivos de la investigación	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Importancia y justificación del estudio	4
1.3.1. Importancia del estudio.....	4
1.3.2. Justificación del estudio.....	4
1.4. Limitaciones del estudio	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Marco histórico	6
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema	8
2.2.1. En el ámbito internacional	8
2.2.2. En el ámbito nacional	11
2.3. Estructura Teórica y Científica que sustenta el estudio	15
2.3.1. Lean construction.....	15
2.3.2. Last planner system	15
2.3.3. Sectorización y tren de actividades.....	18
2.3.4. Carta balance.....	19

2.3.5. Just in time	19
2.3.6. Impacto ambiental.....	20
2.4. Definición de términos básicos.....	21
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	24
3.1. Hipótesis general.....	24
3.2. Hipótesis específicas.....	24
3.3. Variables	24
3.3.1. Variable independiente	24
3.3.2. Variables dependientes	24
3.4. Operacionalización de las variables.....	24
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	26
4.1. Método de la investigación	26
4.2. Tipo de la investigación.....	26
4.3. Nivel de la investigación.....	26
4.4. Diseño de la investigación	26
4.5. Población y muestra.....	26
4.5.1. Población	26
4.5.2. Muestra	26
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
4.7. Procedimientos para la recolección de datos	27
4.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	27
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	28
5.1. Descripción del proyecto	28
5.1.1. Ubicación del proyecto	28
5.1.2. Alcance del Proyecto	29
5.2. Implementación de Lean Construction	30
5.2.1. Sectorización.....	31
5.2.2. Tren de actividades	34
5.2.3. Programación intermedia o LookAhead Planning.....	37
5.2.4. Programación semanal	38
5.2.5. Carta balance.....	41
5.2.6. Just in time	46
5.2. Análisis de resultados	49
5.3. Contrastación de hipótesis	54

5.3.1. Hipótesis general.....	54
5.3.2. Hipótesis específica 1	54
5.3.3. Hipótesis específica 2	54
5.3.4. Hipótesis específica 3	55
5.3.5. Hipótesis específica 4	55
5.3.6. Hipótesis específica 5	55
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN	56
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	65
Anexo A. Matriz de consistencia.....	65
Anexo B. Tren de actividades.....	66
Anexo C. Cuadro de valorización.....	67
Anexo D. Proveedores-Encofrado metálico Unispan.....	68
Anexo E. Cronograma valorizado - Estructuras	69
Anexo F. Análisis de restricciones	70
Anexo G. Presupuesto estimado	71
Anexo H. Presupuesto real.....	72
Anexo I. Plano de ubicación	73
Anexo J. Plano de distribución-Arquitectura.....	74
Anexo K. Sectorización cimentaciones	75
Anexo L. Sectorización verticales y horizontales.....	76
Anexo M. Carta de autorización	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de desperdicios.....	15
Tabla 2. Operacionalización de las variables.....	24
Tabla 3. Presupuesto Contractual del Proyecto	29
Tabla 4. Metrado por sector	33
Tabla 5. Ratio de productividad Sector B.....	35
Tabla 6. Ratio de productividad Sector C.....	36
Tabla 7. Planificación semanal	39
Tabla 8. Programación semanal real de obra.....	39
Tabla 9. Plan diario de ejecución.....	40
Tabla 10. Carta balance – Encofrado metálico	42
Tabla 11. Carta balance – Concreto Premezclado	42
Tabla 12. Carta balance – Habilitación y colocación de acero.....	42
Tabla 13. Cuadrilla de trabajo - Encofrado.....	43
Tabla 14. Cuadrilla de trabajo - Concreto.....	43
Tabla 15. Cuadrilla de trabajo – Habilitación y colocación de acero.....	43
Tabla 16. Porcentaje de productividad de la partida de vaciado de concreto.....	46
Tabla 17. Árbol de factores.....	47
Tabla 18. Criterios de medición.....	47
Tabla 19. Valorización final del proyecto	50
Tabla 20. Sub presupuesto de estructuras para sectores B y C.....	50
Tabla 21. Porcentaje de plan cumplido.....	52
Tabla 22. Eficiencia en la aplicación de la carta balance	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planificación Usual.....	16
Figura 2. Sistema Tradicional de Planificación	16
Figura 3. Planificación Lean.....	17
Figura 4. Sistema de Planificación Lean	18
Figura 5. Sectorización Típica.....	18
Figura 6. Tren de Actividades Típico	19
Figura 7. Diagrama de calidad colaborativa	20
Figura 8. Proceso de impacto ambiental.....	21
Figura 9. Ubicación geografía del proyecto.....	28
Figura 10. Cronograma General de Obra - Estructuras	30
Figura 11. Zonificación de bloques y sectores de trabajo.....	31
Figura 12. Programación intermedia de obra.....	37
Figura 13. Análisis de restricciones	38
Figura 14. Porcentaje de cumplimiento semanal	40
Figura 15. Flujo de trabajo para encofrado metálico	44
Figura 16. Flujo de trabajo para vaciado	45
Figura 17. Flujo de trabajo para habilitación y colocación de acero	45
Figura 18. Lista de revisión	47
Figura 19. Matriz de Leopold-Proyecto San Juan Bautista	47
Figura 20. Interacción de impactos ambientales directos e indirectos	49
Figura 21. Cronograma de obra de la especialidad de Estructuras.....	49
Figura 22. Curva S comparativo de lo programado versus lo ejecutado	51
Figura 23. Comparativa del cumplimiento de actividades	52
Figura 24. Impactos directos e indirectos en el medio ambiente.....	53

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo general implementar la filosofía construcción sin perdidas (Lean Construction) para optimizar los procesos y recursos de una Institución Educativa con nombre de proyecto “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista”. La metodología que sustenta esta investigación es de tipo aplicada, de nivel explicativo y con diseño experimental. La población es el conjunto de partidas del proyecto, con una muestra de estudio de las actividades realizadas en la ejecución del casco estructural de los sectores “B” y “C”, por el motivo que son las partidas de mayor índice de desperdicio y de alto costo dentro de la ejecución de la obra. Su aplicación se basa en el análisis de documentos del expediente técnico y la observación directa en campo, teniendo como instrumentos el cronograma gantt, las valorizaciones, los metrados subdivididos por sectores, planos y las fichas de registro.

Se aplicó las metodologías de la construcción sin perdidas, dentro de ella el sistema del último planificador (Last planner System) y sus herramientas como lo son la sectorización, mirar hacia el futuro (Look Ahead), la carta balance y justo a tiempo (Just in time). Obteniendo como resultado una reducción del presupuesto en un 8.48% lo que equivale a un monto monetario de S/. 43,418.52, en tiempo se pudo reducir de 30 días programados en el cronograma general a 23 días reales ejecutados obteniendo 64 horas de amortiguamiento y en impacto ambiental se llegó a lograr niveles bajos en los sistemas biofísico y socioeconómico con valores del 25.38% y 16.92% respectivamente. Todo lo antes mencionado se puede validar por el aumento del porcentaje de plan cumplido, el cual en la semana 8 fue de 88.57% y finalizó la semana 13 con un 93.55%, a su vez se evidenció que los tiempos no contributorios redujeron de un 32.00% a un 18.89%, los tiempos contributorios también redujeron de un 41.00% a un 25.24% y el tiempo productivo aumento de manera significativa de un 27.00% a un 55.87%. Concluyendo que la filosofía construcción sin perdidas logro optimizar los procesos y recursos del proyecto estudiado.

Palabras Clave: Construcción sin perdidas, Sistema del último planificador, sectorización, mirar hacia el futuro, carta balance.

ABSTRACT

The general objective of the research was to implement the Lean Construction philosophy to optimize processes to optimize the processes and resources of an educational institution with the project name " Rehabilitation of the Infrastructure of the San Juan Bautista Educational Institution". The methodology that supports this research is applied, explanatory level and experimental design. The population is the set of items of the project, with a sample of study of the activities carried out in the execution of the structural hull of sectors "B" and "C", for the reason that they are the items with the highest rate of waste and high cost within the execution of the work. Its application is based on the analysis of technical file documents and direct observation in the field, having as instruments the Gantt schedule, the valuations, the metrados subdivided by sectors, plans and the record sheets.

The methodologies of Lean Construction were applied, within it the Last planner System and its tools such as sectorization, Look Ahead, the balance letter and just in time. Obtaining as a result a reduction of the budget by 8.48% which is equivalent to a monetary amount of S/. 43,418.52, in time it was possible to reduce from 30 days programmed in the general schedule to 23 actual days executed obtaining 64 hours of buffering and in environmental impact, low levels were achieved in the biophysical and socioeconomic systems with values of 25.38% and 16.92% respectively. All of the above can be validated by the increase in the percentage of plan fulfilled, which in week 8 was 88.57% and ended week 13 with 93.55%, at the same time, it was evident that non-contributory times decreased from 32.00% to 18.89%, Contributory times also decreased from 41.00% to 25.24% and productive time increased significantly from 27.00% to 55.87%. Concluding that the construction philosophy without losses optimizes the processes and resources of the studied project.

Keywords: Lean Construction, Last planner System, sectorization, Look Ahead, balance letter, just in time.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico está relacionado estrechamente con el desarrollo de la infraestructura impulsado por el sector público y privado en proyectos de construcción del rubro manufacturero, eléctrico, minero, edificatorios, entre otros. El Instituto Nacional de Estadística e Informática (2012), comenta que “Debido a la realización de proyectos de construcción en el sector privado, como lo son las infraestructuras educativas, proyectos edificatorios, establecimientos comerciales, oficinas corporativas y proyectos industriales como la minería; el indicador de consumo nacional de cemento aumentó un 6.44%” (pp. 3-4).

Así mismo, la construcción mediante una gestión tradicional tiene como fin una transformación de procesos en donde entran materiales y se recibe o se obtiene una unidad producida, pero olvidan que una partida o actividad tiene un flujo de laborales para obtener un producto, por tal motivo, es indispensable desagregar los requerimientos para llegar a un fin, manteniendo un control en la logística, mano de obra y una correcta planificación de obra.

Lo antes mencionado, motivó a realizar esta investigación, teniendo como propósito implementar la filosofía construcción sin pérdidas (Lean Construction) para poder evaluar los posibles beneficios económicos, su influencia en el tiempo de ejecución y el impacto ambiental ocasionado por el proyecto.

El presente trabajo de investigación, está constituido por seis capítulos: el primero indica y argumenta el problema del estudio; el segundo es el marco teórico con sus respectivos antecedentes internacionales y nacionales; en el tercero se presentan las hipótesis y la operacionalización de las variables; en el cuarto se describe la metodología, la población, la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y su posterior procesamiento; en el quinto capítulo se presentan los resultados y su análisis; el sexto capítulo discute los resultados con los antecedentes, y para finalizar se llega a las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Formulación y delimitación del problema

El sector de la construcción es fundamental para el progreso del país, ya que tiene una gran influencia económica. Se ha constatado el efecto multiplicador que los proyectos de construcción tienen sobre el empleo; así, cuantos mayores sean los proyectos de construcción, más puestos de trabajo habrá. Sin embargo, el ciclo de desarrollo de muchas empresas y proyectos a gran escala suele ser largo e ineficaz.

Hay razones estadísticas para creer que la construcción aumentará en Perú, una de ellas es el levantamiento de la cuarentena (pandemia Covid19), lo que ha dado lugar a la activación de numerosas obras e iniciativas nacionales con un nuevo impulso a la economía peruana. Según la Cámara Peruana de la Construcción (2023), se proyecta “Un crecimiento de 2.70% del PBI Construcción en el 2022, como consecuencia de una subida de alrededor de 6.00% en la inversión pública, coincidiendo con el Banco Central de Reserva del Perú” (p. 45).

Awad et al. (2021) comentan que:

El análisis de las estructuras modernas tiene muchas características distintivas que lo diferencian de la producción convencional, en la que todas las partidas de alguna actividad suelen estar gestionadas por un único organismo o empresa y están sujetas al mismo conjunto de normas, directrices y criterios de rendimiento. (p. 32)

Pons y Rubio (2019) opinan que:

La gestión tradicional de la construcción suele poner más énfasis en negociar contratos individuales con cada parte interesada que en gestionar la producción y obtener la mayor productividad posible del proyecto. Como resultado, los métodos tradicionales de construcción suelen alcanzar una tasa de finalización del 55 al 60 por ciento de los trabajos programados. En otras palabras, poco más de la mitad de las tareas ejecutadas en una semana han culminado. (pp. 42-43)

Orihuela y Ulloa (2011) definen a la “Planificación tradicional como el uso de las conocidas metodologías PERT y CPM para elaborar un cronograma general de toda la actividad, sin entrar en grandes detalles de principio a fin de las partidas a realizar” (p. 29). La mayoría de las veces, al crearse a partir de un escritorio, reflejan una idea decente de lo que debe hacerse; sin embargo, como todos sabemos, a medida que se desarrolla el trabajo se crean disparidades significativas con lo que realmente se hizo.

La filosofía Lean Construction, por su parte, pretende aumentar la producción de nuestro sector a un alto nivel mediante un estilo de trabajo centrado en la reducción de los desperdicios, utilizando las herramientas que propone, ya sea propias de su sistema o en cooperación con otras corrientes.

Por tanto, analizando la problemática del plan tradicional y teniendo en cuenta lo positivo que es la aplicación de la filosofía construcción sin pérdidas, decidimos estudiar de qué manera influye en los procesos y recursos del proyecto “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista”.

1.1.1. Problema general

¿De qué manera la implementación de la filosofía construcción sin pérdidas influye en la optimización de procesos y recursos del proyecto de una Institución Educativa?

1.1.2. Problemas específicos

¿De qué manera la aplicación del Last Planner System influye en el costo del proyecto de una Institución Educativa?

¿De qué manera la aplicación de la sectorización con capacidad y demanda balanceada influye en el tiempo de ejecución del proyecto de una Institución Educativa?

¿De qué manera la aplicación de Look Ahead influye en el porcentaje de planificación cumplida del proyecto de una Institución Educativa?

¿De qué manera la aplicación de la Carta Balance influye en la productividad del proyecto de una Institución Educativa?

¿De qué manera la aplicación de Just in Time influye en el impacto ambiental del proyecto de una Institución Educativa?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Implementar la filosofía construcción sin pérdidas para la optimización de procesos y recursos del proyecto de una Institución Educativa.

1.2.2. Objetivos específicos

Aplicar Last Planner System para mejorar el costo del proyecto de una Institución Educativa.

Aplicar la sectorización con capacidad y demanda balanceada para reducir el tiempo de ejecución del proyecto de una Institución Educativa.

Aplicar Look Ahead para incrementar el porcentaje de planificación cumplida del proyecto de una Institución Educativa.

Aplicar Carta Balance para aumentar la productividad del proyecto de una Institución Educativa.

Aplicar Just in Time para reducir el impacto ambiental del proyecto de una Institución Educativa.

1.3. Importancia y justificación del estudio

1.3.1. Importancia del estudio

El presente estudio es significativo porque permite a las empresas del rubro de construcción que hasta el momento no aplican la filosofía construcción sin perdidas, poder involucrarse y tener un conocimiento más amplio de su aplicación, con el fin de implementar lineamientos que permitan reducir los costos y tiempos de los proyectos.

1.3.2. Justificación del estudio

La presente investigación se justifica porque hasta la actualidad se presentan falencias en los proyectos de construcción, y se constata con la baja productividad al ejecutar una obra, debido a que muchas empresas de construcción siguen funcionando de manera tradicional, sin eficacia ni fiabilidad en cuanto a plazos y costos de los proyectos, así como a la falta de conocimiento de los procesos y tecnologías de la nueva gestión de la producción.

Se justifica socialmente porque la filosofía construcción sin perdidas tiene como objetivo optimizar el tiempo de entrega del proyecto y a su vez tener un mayor control con los estándares de calidad. Por tal motivo, su implementación beneficia a los alumnos de los colegios a regresar a sus aulas en un tiempo menor y habitar edificaciones sostenibles.

Se justifica de forma práctica porque al implementar las metodologías y herramientas de la filosofía construcción sin perdidas, permite conocer la productividad, la eficiencia, los costos y los tiempos de ejecución, de esta manera, se puede organizar, planificar y tomar medidas correctivas que aporten mejoría al flujo de trabajo cumpliendo con los plazos impuestos.

Se justifica teóricamente porque al ser aplicada la filosofía construcción sin perdidas en distintos tipos de proyectos, permite tener un registro metodológico de su correcto desarrollo, un entendimiento agudo de los procesos a seguir e identificar cuales herramientas de su corriente son las más acorde al tipo de obra y en que etapas utilizarlo. Su justificación medioambiental se evidencia porque al aplicar la filosofía construcción sin perdidas busca reducir los desperdicios del proyecto y al tener un correcto plan de manejo de impacto ambiental se puede prevenir y mitigar los efectos negativos causados por las actividades de la obra.

Por tanto, esta investigación se justifica por todo lo expuesto líneas arriba, detectando una necesidad de mejorar la forma tradicional de planificar, ejecutar y controlar proyectos, con la ayuda de la filosofía construcción sin pérdidas.

1.4. Limitaciones del estudio

La principal limitación de la investigación está dada por el restringido acceso a la información de la empresa, la cual es tratada como información confidencial.

Por tanto, nuestra investigación se basará en lo obtenido del expediente técnico, las actividades previstas y las ejecutadas en la obra.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico

Howell (1999) comenta sobre los inicios de la Filosofía Lean como:

El resultado del estudio realizado por los ingenieros de Toyota Motor, una empresa de montaje de automóviles, con el fin de mejorar su línea de producción, el término "sin pérdidas" inicio a utilizarse en Japón a finales de los años 1950 y principios de los 1960. El ingeniero Taiichi Ohno, responsable de producción, es uno de los expertos más conocidos en la materia. Intentó reducir los desperdicios y acelerar el suministro de automóviles a los consumidores pasando de la convencional producción en masa a la fabricación bajo demanda y evitando la acumulación de mercancías. Con las investigaciones desarrolladas surgió la Production Lean (Producción sin Pérdidas), que comprende diferentes variedades de sistemas con el principio de minimización desperdicios. (pp. 52-53)

Koskela (1992) indica que, la técnica de fabricación del Sistema de Producción Toyota (TPS) “Consiste en minimizar los fallos en todos los procesos, se desarrolló con el objetivo de conseguir una producción de cero pérdidas mejorando drásticamente la producción de las fábricas y hacerse con el 40% de la industria automovilística japonesa” (pp. 10-11). Los ingenieros industriales crearon la base teórica del TPS y ampliaron el novedoso método de fabricación de pérdida cero.

En Occidente apenas se conoció esta estrategia en la década de los ochenta, pero fue en el sector del automóvil donde los conceptos de TPS se extendieron por primera vez a América y Europa en 1975. Koskela (1992) comenta que, “A principios de los años 90, la filosofía Lean se había adoptado en otros ámbitos como la gestión de productos e investigaciones, y era reconocida en distintos hemisferios como producción sin pérdidas o fabricación de categoría mundial” (p. 17).

En su artículo "Construction and The New Production Philosophy" traducida al español como “La construcción y la nueva filosofía de producción”, publicado en el Centro de Investigación y Formación en Educación (CIFE) de la Universidad de Stanford, Lauri Koskela sostenía que la producción debía mejorarse, disminuyendo la acumulación de materiales y que las actividades de reconversión aumenten la eficiencia. En 1992, empezó a aplicar esta mentalidad al sector de la construcción.

Tras escuchar a Koskela hablar en una conferencia en la Universidad de Berkeley sobre procesos de construcción minimizando los desperdicios; Ballard y Koskela crearon en

1993 el Grupo Internacional de Lean Construction. En esta reunión se decidió por primera vez adoptar la expresión "Lean Construction" para caracterizar la aplicación de la nueva filosofía de producción.

Ballard (2004) fue pionero en la creación del System Ultimate Planner (SUP) en 1992, basándose en:

La idea de disminuir la jerarquía de la gestión de la construcción para asignar mejor los recursos a la planificación semanal, la programación y la ejecución de los trabajos. Posteriormente, en 1998, mejoró el SUP haciendo hincapié en el control de los flujos durante la fase de construcción. El "Sistema de Entrega de Proyectos Lean", al que Ballard se refirió como paso siguiente, pretende planificar teóricamente el enfoque para la gestión de proyectos Lean. (pp. 11-13)

El Grupo Internacional para la Construcción Lean (IGLC) se creó en 1993 como una red mundial de expertos y académicos en arquitectura e ingeniería que consideraban necesario renovarse para afrontar los problemas del futuro del sector de la construcción. El Lean Construction Institute (LCI) se creó en Estados Unidos, cuatro años después, en 1997. Orihuela (2011) desde la creación de LCI "Se han dedicado a planificar conferencias, seminarios y encuentros con el fin de difundir la mentalidad Lean por todo el mundo" (p. 14).

Orihuela (2011) hace mención que:

Con la ayuda de la Pontificia Universidad Católica del Perú, las empresas peruanas Graña y Montero, Coinsa, Copracsa, Edifica, Marcan y Motiva se unieron en 2011 para formar la rama peruana del Lean Construction Institute. El cual, el primero, denominado "Día de la Industria", tiene como objetivo promover nuevos conocimientos y pericias en el sector de la construcción; el segundo, está dirigido a las conferencias del Grupo Internacional para la Construcción Lean (IGLC) dedicadas al conocimiento puro de Lean; y el tercero, denominado Escuela de Verano, está abierto a los estudiantes que deseen investigar y presentar trabajos sobre Lean Construction. (pp. 14-16)

Lean Construction es una filosofía de trabajo que ha ido ganando popularidad desde 2014, aunque poca gente está familiarizada con ella, y todavía no existe una masa crítica lo suficientemente importante como para permitirnos afirmar que el sistema productivo de la industria de la construcción ha cambiado. Aunque somos conscientes de que el camino para una transformación más profunda del sector de la construcción llevará tiempo, al igual que ocurrió hace décadas con la industria de la automoción, muchas organizaciones

están utilizando Lean Construction, y los grandes resultados que están obteniendo nos llevan a pensar que el proceso de transición no tiene marcha atrás.

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1. En el ámbito internacional

Lobaton (2020) en su tesis titulada “Implementación de la Metodología Lean Construction en la empresa Arquitectura y Construcciones S.A.S. para la eficiencia de los recursos”, tuvo como objetivo:

Utilizar el enfoque de LC para crear obras más eficientes en el futuro mediante la optimización del tiempo, los recursos y los costos de ejecución. Se esfuerzan por lograr un correcto uso de los recursos disponibles para los diversos proyectos generados por las empresas dedicadas a la construcción y ampliación de escuelas mediante la planificación y la supervisión de la gestión. Aplicaron las metodologías de Lean Construction y lograron disminuir los costos adicionales a un 10% si se compara con el primer proyecto colegio Teodoro Aya y a un 9% si se compara con el Colegio Ebenecer, lo que pretendía el autor es que se continúe culminando los proyectos con mayor eficiencia creando una cultura dentro de la organización de retroalimentación. Cada vez que se inicie un nuevo proyecto tener en cuenta que aspectos que nos produzcan pérdidas o atrasos se pueden repetir en el nuevo proyecto, de esa manera plantear una estrategia y así mitigar las posibles pérdidas tanto en tiempo como en costo de un proyecto. (pp.30-75)

Bartolón (2020) en su tesis titulada “La ideología Lean Construction y su influencia en el desarrollo de proyectos de construcción”, tuvo como objetivo:

Identificar las ventajas y retos a los que se enfrentan las empresas promotoras de edificación (residencial, vivienda social, hoteles, oficinas, usos mixtos, industrial, etc.) en México ya han adoptado esta filosofía o alguna herramienta asociada, y a partir de esa información sugerir mejoras y estrategias para hacer más factible su adopción por otras empresas. Al aplicar las ideas y los métodos de la construcción ajustada a la gestión de sus proyectos, el investigador comprobó que la mayoría de las organizaciones evaluadas tanto habían aprendido nuevos beneficios como ya habían alcanzado los beneficios que se habían recomendado. Del mismo modo, pudo conocer los nuevos obstáculos que se han planteado y que afectan a la gestión de la implantación de proyectos en las empresas, generalmente centrados en problemas de actitud negativa hacia los cambios culturales y de falta de compromiso por parte de empleados y directivos. (pp.20-62)

Martínez et al. (2019) en su investigación titulada “A case study in Latin America of lean construction for affordable housing” traducida al español como “Construcción ajustada para viviendas asequibles: un estudio de caso en América Latina”, tuvo como objetivo:

Analizar las ventajas y desventajas de emplear la construcción ajustada para abordar las preocupaciones sobre el valor, la calidad y la escalabilidad de la producción de viviendas asequibles en América Latina. Presentando un estudio de un desarrollador de vivienda en Ecuador que utilizó Lean Construction en las etapas de diseño y construcción. El estudio demostró que la producción de vivienda asequible basada en los principios de construcción ajustada puede proporcionar un producto más personalizado y de mayor calidad a un costo menor y con mayores eficiencias de producción que el modelo (contractual) que sigue siendo típico en todo el mundo. El proyecto experimentó una disminución del 25.00% en el inventario de encofrados, una reducción del 20.00% en los precios de los equipos de encofrado y una reducción del tiempo necesario para construir una casa de 7 a 3 días como resultado de las intervenciones Lean. Además, proporcionaron una planificación asistida por TI (tecnologías de información) contribuyó a una mejora general del flujo de actividades al acortar en dos días el plazo de entrega de la construcción de viviendas. Como resultado, la construcción de LC ofrece una excelente oportunidad para resolver los precios de la vivienda y los límites de desarrollo desde el punto de vista de los sistemas de producción. (pp.7-11)

Del Toro et al. (2019) en su investigación titulada “Estudio de caso de mejora de la construcción mediante Lean Construction y Building Information Modeling”, tuvo como objetivo:

Aplicar los conceptos de BIM y Lean Construction (LC) a la gestión administrativa del proceso de construcción de vivienda de interés social (hasta 42.50 m² y 200.00 salarios mínimos) que se realiza en Torreón, Coahuila, México, con el fin de evaluar los beneficios potenciales de tiempo y financieros en la terminación del edificio, empleando gráficas de balance para medir los niveles reales de producción de las tareas y concentrándose principalmente en las fases de planeación y construcción para mostrar el nivel de producción de los trabajadores. A la luz de su aplicación, se hizo una nueva propuesta para la gestión del proyecto utilizando la metodología BIM. Se creó un modelo 3D de las viviendas en Revit, y utilizando los resultados obtenidos del fructífero trabajo y el software

Naviswork, se creó un proyecto BIM 4D concentrado en el tiempo de construcción del proyecto. Se aportan soluciones claras y sucintas para mejorar este concepto en el crecimiento de la obra objeto de estudio en relación con el análisis de la productividad. Finalizando con la adopción de LC y BIM, pudimos acortar significativamente el periodo de construcción, pasando de la estimación de tiempo original del promotor de 14 semanas al nuevo de 11 semanas. El ahorro de tiempo del 26.56% repercute en un descenso del precio de venta de la casa, gracias a la reducción de los gastos directos de mano de obra en las operaciones de colocación de ladrillos, encofrado, montaje de acero y vertido de losas. El análisis global de los gráficos de balance revela que el tiempo productivo (TP) de la obra es del 43.00%, el tiempo contributivo (TC) es de aproximadamente el 25.00% y el tiempo no contributivo (TNC), que es una noción muy elevada, es del 32.00%. (pp.2-7)

Shuquan Li et al. (2020) en su investigación titulada “A comprehensive examination of lean construction in Mainland China” traducida al español como “Un examen exhaustivo de la construcción ajustada en China continental”, tuvo como objetivo:

Utilizar el método sistemático para explorar el progreso evolutivo y las características de LC en China continental, clasificar las corrientes de investigación del campo LC en China continental y resaltar futuras tendencias para futuros estudios. El desarrollo de LC está desequilibrado en todo el mundo. Estados Unidos, Gran Bretaña, Brasil y otros países tienen ventajas significativas con respecto a la teoría de LC y su aplicación práctica. Turner, Messer, Grunau, Pike Company y otras grandes empresas de consultoría de gestión y construcción que son famosas por LC están todas ubicadas en los Estados Unidos. La sede del famoso Lean Construction Institute también se encuentra en los Estados Unidos. Por el contrario, en China continental, el desarrollo y la aplicación práctica de la teoría de LC están rezagados. Uno de los ejemplos planteados por los investigadores fue el modelo LC Cailiang lanzado por Changzhou Cailiang Architectural Technology Co., Ltd., el cual trajo una atención significativa de la academia y la industria. El modelo se ha implementado con éxito como proyecto piloto en muchos casos, como el Proyecto Jiuzhou Garden N° 58. El desarrollo de LC también es extremadamente desequilibrado entre empresas de diferentes tamaños. En China continental, la adopción de la tecnología LC se ha producido principalmente en grandes empresas estatales, como Beijing Uni-Construction

Group Co., Ltd., mientras que la tasa de concienciación de las pequeñas y medianas empresas (PYME) es baja. Los conceptos y herramientas planteadas por las empresas estatales grandes apoyaron a la producción más limpia, y se tuvo un gran potencial para facilitar el uso efectivo de los recursos. China está tratando de contribuir a mejorar la construcción en el mundo. Una serie de políticas sobre eliminación de residuos de construcción y demolición, edificios prefabricados e implementación de BIM demuestran la determinación del gobierno en este sentido. Todas estas tecnologías también incorporan el método LC de visualización, modularización o estandarización, etc. Como conclusión indicaron que todo el personal debe participar en la aplicación de LC y crear una atmósfera de mejora continua y que las herramientas se pueden usar de manera eficiente si se planifican correctamente. (pp.11-18)

Valenzuela (2018) en su tesis titulada “Evaluación de técnicas de construcción con estructuras de mediana altura desarrolladas con piezas prefabricadas de hormigón”, el objetivo fue:

Comparar el proyecto en términos de tiempo y costos según los sistemas actuales de ejecución. Se analizaron los costos aproximados y los tiempos de construcción, partiendo de la base de que la instalación de la obra y el acabado serían los mismos en todos los escenarios. Según una de las conclusiones de la investigación, que utilizó un enfoque respetuoso con el medio ambiente, se produjo una disminución del 50.00% de los residuos sólidos con el método prefabricado, lo que repercute más en la gestión de los materiales y abarata los costos. (pp.36-84)

2.2.2. En el ámbito nacional

Gabonal (2020) en su tesis titulada “Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la etapa de planificación de la ejecución de proyectos: Innova School - Sede Cusco, 2019”, tuvo como objetivo:

Conocer los resultados de la aplicación de la filosofía Lean Construction durante la fase de planificación y de ejecución del proyecto, que consta de dos conjuntos. El conjunto "A" está formado por tres bloques, los bloques 1, 2 y 3, mientras que el conjunto "B" tiene los bloques 4 y 5. Dado que la construcción de los bloques 4 y 5 finalizó el 13 de septiembre en lugar del 29 de septiembre como se establecía en el contrato, se puede concluir que los procedimientos de planificación, ejecución y control en el lugar de trabajo tienen un impacto significativo. Adicionalmente, manifestaron que el incremento de la ratio de producción tiene

un impacto directo en el tiempo de programación de la construcción de las obras de Innova Schools -Sede Cusco. (pp.49-85)

De la Vega et al. (2018) en su tesis titulada “Aumento de la productividad mediante el uso del enfoque Lean Construction en la ejecución de obras por gestión directa de instalaciones educativas públicas”, tuvo como objetivo:

Crear e implementar acciones y estrategias en un proyecto piloto para aumentar la productividad en la construcción de instalaciones educativas públicas en Cusco utilizando el enfoque de construcción sin pérdidas y algunas herramientas adicionales descritas en esta investigación. Los principales problemas, según los resultados del estudio, eran las deficiencias del expediente técnico, la falta de empleados competentes, la escasez de proveedores locales y el acceso limitado a la obra. Se constató que los aspectos que rigen el éxito en este tipo de proyectos son el alcance, el calendario, el coste y la calidad., se sugirió la adopción del sistema Last Planner junto con herramientas complementarias de gestión y administración. Tenían motivos para especular que podrían haber aumentado la productividad si hubieran gestionado parte del trabajo contributivo (TC), reducido o eliminado parte del trabajo no contributivo (TNC) y, a continuación, utilizado el diagrama de Pareto. Se confirmó que con sólo implantar en la obra el uso de las herramientas de planificación y control Lean, el trabajo productivo (TP) se incrementaba hasta una media del 44.00%. (pp.35-61)

Díaz y Otiniano (2019) en su tesis titulada “Aplicación de un marco ágil en el control de la productividad de algunos procesos constructivos del colegio San Idelfonso, Laredo, Trujillo, La Libertad, 2017”, el objetivo fue:

Implementar un marco ágil para establecer un control de la productividad, tomando como modelo la mejora de las operaciones de construcción del colegio San Idelfonso. Investigaron qué herramientas mejoran y/o controlan la productividad para la implantación del marco ágil, basándose en metodologías ágiles como Lean Construction, Design Sprint, Project Management Institute, y Scrum, que tienen como función principal, el aprendizaje continuo en los procesos de realización de cada ítem; como siguiente paso, procedieron a desarrollar las herramientas, adaptándolas a la obra y según los recursos que se disponían para su aplicación. Utilizaron las herramientas después de realizar la investigación, adaptándolas al trabajo que tenían entre manos y a los recursos de que disponían. La sectorización, el nivel general de trabajo, la programación semanal, la curva

en S, el diagrama de Pareto y una matriz de validación de ideas fueron algunos de los instrumentos empleados a lo largo de este procedimiento. El trabajo productivo (TP), el trabajo contributivo (TC) y el trabajo no contributivo (TNC) tuvieron periodos de producción del 24.14%, 41.60% y 32.40%, respectivamente. Los autores constatan que la mejor distribución del tiempo es un TP de aproximadamente el 60.00%, un TC del 25.00% y un TNC del 15.00%, mientras que la producción real de trabajo TNC fue del 32.40%, y se pierde un tercio de la jornada laboral de cada trabajador. (pp.25-83)

Huapaya y Torres (2021) en su tesis titulada “Implementación de la Metodología Lean Construction y las herramientas de la calidad para mejorar la productividad en la obra de reconstrucción y modernización de la Institución Educativa N°21508 ubicado en el Distrito De Imperial – Provincia de Cañete – Departamento de Lima”, tuvo como objetivo:

Evaluar el grado de productividad en las partes estructurales del casco midiendo los tipos de trabajo en porcentajes y utilizando la metodología Lean Construction y herramientas de calidad para aumentar la productividad. Tras la identificación de estas actividades y la aplicación de medidas correctoras, la optimización de los elementos de las cimentaciones aumentó del 17.00% TP al 36.00% TP, los elementos verticales del 17.00% TP al 36.00%, los elementos horizontales del 19.00% TP al 36.67% TP. Adicionalmente, mediante la utilización de la herramienta de análisis de restricciones, fue posible identificar con anticipación las limitaciones que impiden o causan atraso en la ejecución de las actividades, permitiendo el levantamiento de estas observaciones a través de un responsable designado. De esta forma, fue posible alcanzar un porcentaje de 87.00% de cumplimiento del plan en relación a las actividades programadas y a través de la implementación de la herramienta denominada flujograma y con los ajustes complementarios necesarios. (pp.12-69)

Herrera y Jurado (2019) en su tesis titulada “Metodología para supervisar eficazmente la duración contractual de los proyectos de edificios multifamiliares”, tuvo como objetivo:

Evaluar los efectos de los retrasos en los proyectos de construcción y crear una recomendación de sistema que incorpore los mejores métodos y recursos para supervisar eficazmente el plazo contractual de un proyecto de construcción. Los investigadores recopilaron datos de tres proyectos de construcción de edificios multifamiliares (Edificio Moon, Edificio Pezet 583 y Edificio Varela 932), así

como información sobre enfoques y equipos de vanguardia. Teniendo como resultado que en el Proyecto 1-Edificio Moon, en promedio tuvo un porcentaje de plan cumplido (PPC) de 75.30% y un índice de desempeño de programación (SPI) de 0.981; en el Proyecto 2-Edificio Pezet 583, tuvieron en promedio un PPC de 88.00% y no se trabajó con métrica de control SPI; en el Proyecto 3-Edificio Varela 932, tuvieron como promedio un PPC de 78.40% y no se trabajó con métrica de control SPI. Desarrollaron una metodología basada en la aplicación de Lean Construction (LC) y de la Project Management Fundamentals Guide (PMBOK) mediante un seguimiento efectivo del plazo contractual incluyendo a los responsables del proyecto. Por último, los problemas señalados en cada actividad de seguimiento y control son recurrentes en los tres proyectos examinados y pueden resumirse en una planificación y programación inadecuada. (pp.29-74)

Clemente y Luyo (2020) en su tesis titulada “Métodos de construcción y efectos medioambientales de los proyectos de infraestructuras”, su objetivo fue:

Evaluar las operaciones de los sistemas de construcción tradicional y prefabricado para conocer los efectos sobre el medio ambiente. Según el análisis realizado a nivel de proyecto, las actividades del sistema convencional tuvieron un 17.00% de impactos negativos directos y un 8% de impactos negativos indirectos en el aspecto socioeconómico. Sin embargo, también produjeron un 8.00% de impactos directos positivos y un 67.00% de impactos indirectos positivos en el sistema medioambiental propuesto. Los efectos negativos, por su parte, tuvieron porcentajes de significación del 4.00%, 0.00% y 1.00% en los niveles de "poco significativo", "moderadamente significativo" y "muy significativo", respectivamente. Los efectos beneficiosos son "moderadamente significativos" en el 13.00% y "poco significativos" en el 27.00% de los casos, además, el 54.00% de las actividades no tienen efectos negativos sobre el medio ambiente. Las actividades del sistema de construcción prefabricada tienen un 17.00% de efectos directos negativos y un 8.00% de efectos indirectos negativos sobre el sistema socioeconómico, respectivamente. Además, tienen efectos favorables sobre el sistema medioambiental sugerido, con efectos directos e indirectos que ascienden al 5.00% y al 69.00%, respectivamente. Los efectos negativos, por su parte, tienen porcentajes de significación del 3.00%, 0.00% y 1.00% en los niveles de "poco significativo", "moderadamente significativo" y "muy significativo",

respectivamente. Además, los efectos favorables son "moderadamente significativos" en el 11.00% y "poco significativos" en el 27.00% de los casos; y el 57.00% de las actividades no tienen efectos negativos sobre el medio ambiente. (pp.36-88)

2.3. Estructura Teórica y Científica que sustenta el estudio

2.3.1. Lean construction

La construcción ajustada, también conocida como gestión sin pérdidas, es una expresión que alude a las ideas originales del Sistema de Producción Toyota (TPS) y se desarrolla a partir de los principios de la industria de la producción. Schimanski et al. (2020) comenta que, el "Objetivo de maximizar el valor desde el punto de vista del cliente eliminando los residuos es uno de los componentes fundamentales de la gestión ajustada en general" (p. 9).

Con el fin de reducir o eliminar las actividades que no añaden valor al proyecto y maximizar las que sí lo hacen, Lean Construction se centra principalmente en el desarrollo de herramientas especializadas utilizadas en el proceso de ejecución del proyecto, así como en un sistema de producción eficiente que reduzca los residuos. Lean Construction Institute (2013) indica que, "Los desperdicios de la construcción están divididos en siete categorías por LC" (p. 13). Como se puede visualizar en la Tabla 1, considera todo aquello que no añade valor a las tareas necesarias para completar una unidad productiva.

Tabla 1

Lista de desperdicios

Desperdicios en la construcción

Deficiencias

Retrasos

Excesos de procesos

Excesos de productividad

Sobreinventariado

Transportes injustificados

Movimiento improductivo del personal obrero

Nota. Galvis et al. (2014)

2.3.2. Last planner system

Patel (2011) hace mención que, "Glenn Ballard y Greg Howell crearon el sistema Last Planner como un planificador y controlador de producción dentro de los objetivos de la

filosofía Lean con el fin de aumentar la flexibilidad en las obras y disminuir la imprevisibilidad de las actividades programadas” (pp.12-13). Este sistema propuesto por Ballard y Howell controla de una mejor forma la incertidumbre de la planificación al superar obstáculos como convertir la planificación en un sistema, medir el desempeño de la aplicación del sistema de planificación y analizar e identificar los errores cometidos en la planificación.

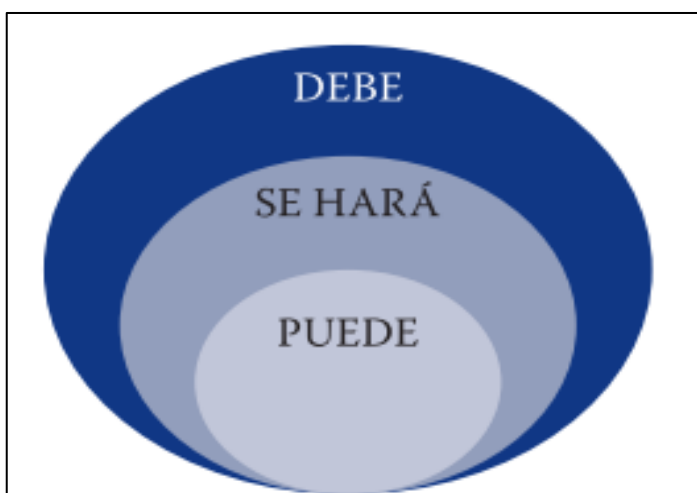
Luegring et al. (2011) define al Sistema de último planificador (SUP) como:

Un componente de control de la producción a la gestión tradicional de proyectos, entendiéndolo como un mecanismo para transformar lo que hay que hacer en lo que se puede hacer, formando planes de trabajo semanales mediante asignaciones. Entonces, el SUP se puede entender como la persona o grupo responsable de la planificación operativa, es decir, de la estructuración del diseño de productos para facilitar un mejor flujo de trabajo y el control de las unidades de producción, lo que equivale a la realización de los trabajos individuales en el nivel operativo. (pp.24-26)

Alarcón et al. (2011) establece “Los tres estados teóricos de la planificación (Lo que se debe hacer, lo que se hará y finalmente lo que se puede hacer en obra)” (p. 20), como se puede apreciar en la Figura 1. El autor recalca el estado teórico como una condición ideal con planificación tradicional, lo cual al final no presenta una concordancia de lo que se solicita ejecutar y lo que realmente se puede realizar en campo, gráficamente se puede visualizar en la Figura 2.

Figura 1

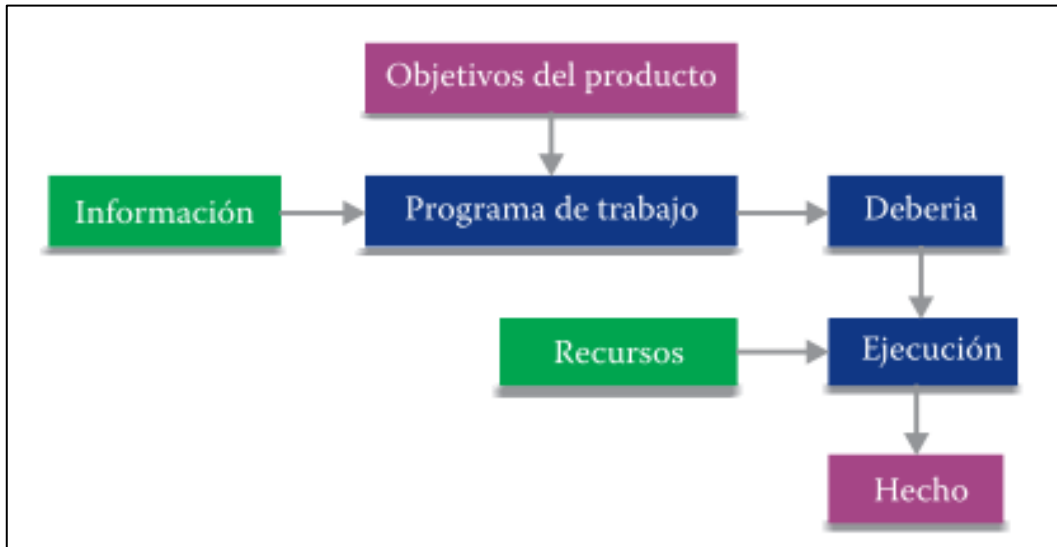
Planificación Usual



Nota. Alarcón et al. (2011)

Figura 2

Sistema Tradicional de Planificación

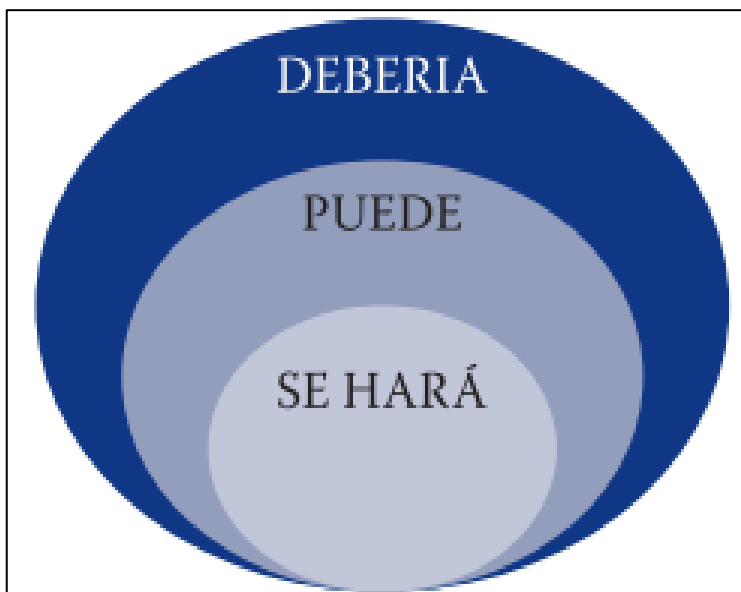


Nota. Alarcón et al. (2011)

De esta manera, la filosofía Lean Construction establece otros tres estados de planificación (Lo que se debería, lo que se puede y lo que se hará), se puede visualizar en la Figura 3 como el punto de final “se hará” abarca una dependencia a la planificación previas de lo que “se debería hacer” y lo que “se puede hacer”; esto desglosa un conjunto de actividades en secuencia como se puede visualizar en la Figura 4, los cuales aportan a un aumento en el flujo de procesos a realizar a la hora de la ejecución de los proyectos de construcción.

Figura 3

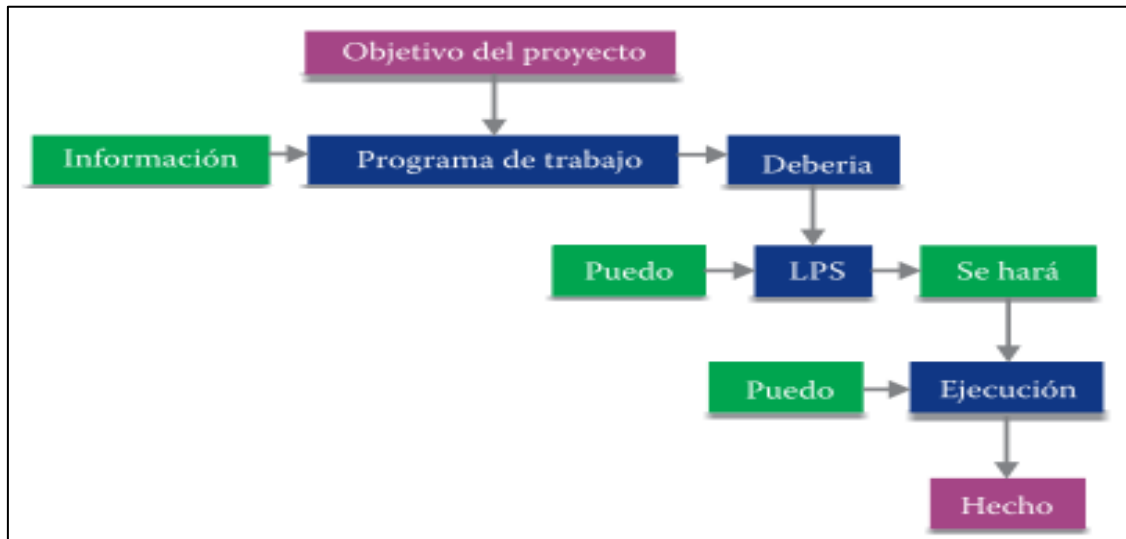
Planificación Lean



Nota. Alarcón et al. (2011)

Figura 4

Sistema de Planificación Lean



Nota. Alarcón et al. (2011)

2.3.3. Sectorización y tren de actividades

Para ejecutar trabajos repetitivos, la filosofía Lean se basa en el principio de lotes de producción y de transferencia. La sectorización sería el equivalente en el sector de la construcción de los lotes de Lean Manufacturing, lo cual en la práctica es la realización de dividir las operaciones de un trabajo o proyecto en segmentos más pequeños, lo antes mencionado se puede visualizar en la Figura 5. Guzmán (2014) comenta que, “Cada uno de estos componentes tendrá valores correlacionados con métricas muy comparables entre sí para garantizar un flujo continuo de trabajo entre los puntos de trabajo” (p. 55).

Figura 5

Sectorización Típica



Nota. Castro y Pajares (2014)

En la filosofía Lean se hace uso de las líneas de producción en las fábricas industriales, de forma similar, en el ámbito de la construcción se usa la metodología del tren de actividades. En esta metodología se avanza el trabajo sector por sector hasta alcanzar el producto final que es el proyecto. Guzmán (2014) indica que, “A diferencia de una fábrica, la construcción de una obra no puede ser automatizada, llevando el producto de una estación a otra, la forma de trabajar será con el avance de las cuadrillas de trabajo” (p. 43). Lo antes mencionado se puede visualizar en la Figura 6.

Figura 6

Tren de Actividades Típico



Nota. Guzmán (2014)

2.3.4. Carta balance

La carta de balance, también conocido como gráfico de balanceo, es una herramienta que calcula la cantidad de tiempo en minutos para completar una tarea en función de los recursos (mano de obra, equipos, etc.) necesarios. Los recursos se representan mediante barras que se separan en segmentos de tiempo en función del orden de las actividades, teniendo en cuenta tanto los tiempos productivos como los improductivos. Estas mediciones nos facilitarán la comprensión del orden de construcción del proceso estudiado. Castillo y Flores (2016) hace mención que, “Existen tres opciones para cambiar la eficiencia de la cuadrilla: reasignar trabajos a miembros individuales del equipo, alterar el tamaño de la cuadrilla o aplicar una innovación tecnológica que altere significativamente todo el proceso de construcción” (p. 29), todo ello con el fin de reducir el trabajo no contributivo y aumentar el productivo.

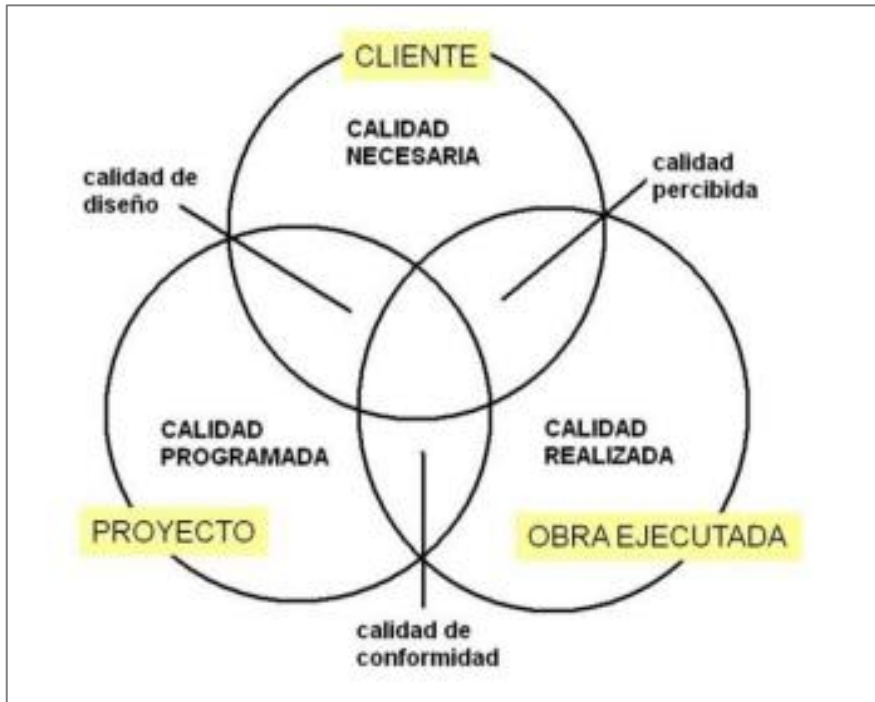
2.3.5. Just in time

El Just in Time (JIT) es un proceso para conseguir un flujo de trabajo continuo y calidad necesaria basándose en la eliminación de todo lo que no añade valor al producto. Su aplicación se basa en sincronizar cada parte operativa, esto se puede visualizar en la Figura 7.

Pérez (2014) comenta que, “El JIT involucra al cliente, el proyectista y las líneas de mando de producción, de esta manera conseguir un flujo dinámico en cada estación de trabajo” (p. 27).

Figura 7

Diagrama de calidad colaborativa



Nota. Pérez (2014)

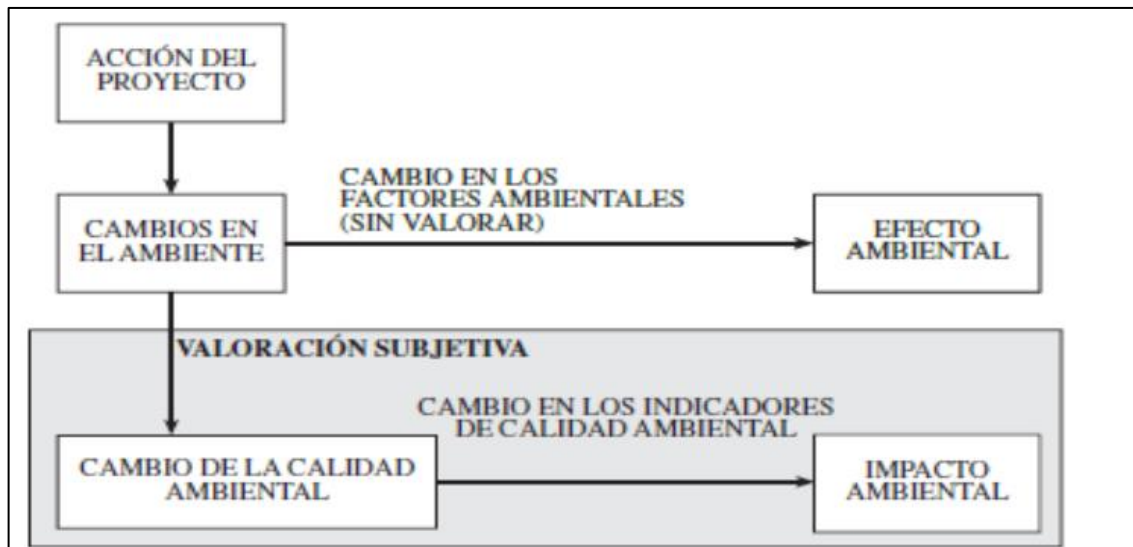
Este modelo de trabajo lo que quiere satisfacer es la demanda real de obra y evitar el exceso de stock y las estrategias de empuje, enfocándose en un sistema pull (jalar), de esta manera la empresa se enfoca en optimizar los recursos y reducir la probabilidad de excedencias en obra.

2.3.6. Impacto ambiental

Garmendia et al. (2005) define al impacto ambiental como, “Un cambio en su calidad inducido por las actividades humanas” (p. 10), en la Figura 8 podemos visualizar como se involucra los motivos causales de la modificación antropogénica, los cuales inician bajo la acción del proyecto y va prosiguiendo en cada actividad ejecutada como pueden ser, el almacenando de residuos sólidos, materiales particulares al ambiente, emitiendo gases a la atmosfera, vertimiento de líquidos, entre otros, hasta generar un efecto o impacto ambiental.

Figura 8

Proceso de impacto ambiental



Nota. Garmendia et al. (2005)

Una consideración importante es el origen o la causa de este cambio ambiental. Clemente y Luyo (2020) hace mención que, “Esta alteración tiene que ser producida directamente o indirectamente por la actividad humana” (p. 72); para los casos de evaluación en la obra, las causales deben ser las partidas que se ejecutan diariamente y las consecuencias deberán ser medidas bajo consideración de un impacto negativo o positivo.

Según González (2019) las alteraciones en el medio ambiente aparecen como, “Consecuencia del desarrollo de actividades que dependen de la característica de la misma y de la zona donde se realizarán, a su vez agrupa en dos categorías” (p. 47). El primero son los impactos negativos por la extracción de recursos ambientales sin criterios de sostenibilidad y el segundo son los impactos por ocupación que producen cambios en el uso del suelo.

2.4. Definición de términos básicos

Proyecto: Se describe como un esfuerzo a corto plazo realizado para proporcionar un bien, servicio o resultado distintivo (Pons, 2014).

Lean Productions: Es una filosofía de producción creada en Japón en la década de 1950; se refiere a la producción sin residuos y se centra fundamentalmente en eliminarlos en los procesos de fabricación (Botero y Álvarez, 2015).

Trabajo Productivo: Se describe como la cantidad de tiempo que un trabajador dedica a ejecutar tareas de conversión mientras se construye una unidad de obra (Gabonal, 2020).

Trabajo Contributorio: Se describe como el tiempo que los trabajadores dedican a realizar trabajo de flujo, en particular cuando esa mano de obra apoya el trabajo productivo de las operaciones de construcción de una unidad (Gabonal, 2020).

Trabajo no Contributorio: Se considera que entra en esta definición cualquier operación que genere costos, pero no añada valor al producto final (Gabonal, 2020).

Buffers: Hay mucha variación en la construcción de cada proyecto, por lo que los buffers son plazos o amortiguadores que pueden emplearse en caso de imprevistos sin causar pérdidas de producción (Gabonal, 2020).

Desperdicios: Se define como cualquier pérdida ocasionada por acciones realizadas directa o indirectamente durante la ejecución del proyecto, que den lugar a un sobre costo que no mejore en nada el producto (Gabonal, 2020).

Planificación Maestra: Se describe como la organización de todas las actividades necesarias para llevar a cabo un proyecto. Los plazos de todas las actividades se establecen en el cronograma maestro, que se crea en forma de diagrama de Gantt (Andrade y Arrieta, 2011).

Planificación Intermedia (LookAhead Planning): En el sistema de planificación final, se denomina segundo nivel y consiste en desglosar el plan general para minimizar la pérdida de tiempo y recursos. También indica las tareas que deben realizarse lo antes posible, de esta manera, se controla la coordinación del diseño, los proveedores, los recursos humanos, las circunstancias necesarias para llevar a cabo las actividades y la información para que los equipos de trabajo cumplan sus objetivos in situ (Porrás et al., 2014).

Planificación Semanal: Los jefes de obra, capataces y todos los que supervisan directamente la ejecución de los trabajos, realizan la última etapa de la planificación SUP, que se define como la presentación del máximo nivel de detalle antes de la ejecución. El porcentaje de actividades realizadas del PAC se calcula para determinar la proporción de actividades planificadas que se realizaron realmente en la obra, para calibrar la eficacia de la planificación semanal y para hacer un seguimiento de las razones por las que el PAC fue inferior al 100% con el fin de abordar esos problemas la semana siguiente (Porrás et al., 2014).

Impacto ambiental directo o indirecto: El impacto ambiental directo e indirecto son los causales por una acción directamente relevante para el proyecto u otro impacto que la acción haya producido (Aguilar, 2018).

Impacto ambiental residual: Si un impacto ambiental sigue existiendo después de aplicar medidas paliativas, se denomina impacto ambiental residual (Aguilar, 2018).

Impacto ambiental reversible o irreversible: Es la posibilidad de que el impacto regrese a su estado inicial (Aguilar, 2018).

Impacto Primario: Es el impacto que desencadena por cualquier acción directamente relacionada con el proyecto que tenga relación en el medio socioeconómico o biofísico (Galindo y Silva, 2016).

Impacto Secundarios: Es el impacto con efectos prospectivos que pueden derivarse de la adopción de una actividad específica en el futuro o en otros lugares (Galindo y Silva, 2016).

Impactos a corto y largo plazo: Dado que la importancia de cualquier impacto está correlacionada con su persistencia en el medio ambiente, dependen de la duración, lo que hace que esta influencia sea especialmente significativa (Galindo y Silva, 2016).

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

Al implementar la filosofía construcción sin pérdidas optimiza los procesos y recursos del proyecto de una Institución Educativa.

3.2. Hipótesis específicas

Al aplicar Last Planner System se mejora el costo del proyecto de una Institución Educativa.

Al aplicar la sectorización con capacidad y demanda balanceada se reduce el tiempo de ejecución del proyecto de una Institución Educativa.

Al aplicar Look Ahead se incrementa el porcentaje de planificación cumplida del proyecto de una Institución Educativa.

Al aplicar Carta Balance se aumenta la productividad del proyecto de una Institución Educativa.

Al aplicar Just in Time se reduce el impacto ambiental del proyecto de una Institución Educativa.

3.3. Variables

3.3.1. Variable independiente

Filosofía Lean Construction.

3.3.2. Variables dependientes

Procesos y recursos.

3.4. Operacionalización de las variables

Moran y Alvarado (2010) define a la operacionalización de una variable como, “Un proceso de separar y analizar una variable en sus componentes para poder medirla” (p. 15). En la Tabla 2 tenemos un alcance específico de los procesos a realizar y como se desglosan en cada alineamiento que da nuestras variables e indicadores.

Tabla 2

Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Escala	Instrumentos	Herramientas	Ítems
Filosofía Lean Construction	La construcción ajustada es una filosofía de gestión de la producción cuyo objetivo principal es optimizar los procesos y recursos de un proyecto. En consecuencia, se centra principalmente en el desarrollo de herramientas especializadas utilizadas en el proceso de producción del proyecto, así como en un sistema eficiente que reduzca los desperdicios (Lean Construction Institute, 2013).	Consiste en aplicar una metodología de trabajo enfocado en reducir los desperdicios y eliminar actividades que no generan valor a la obra.	Planificación Lean	*Planificación Maestra * Planificación Semanal * Planificación diaria	* Kg * m2 * m3	Cuantitativa continua	* Diagrama Gantt * Valorizaciones * Metrados por sector * Planos	* Microsoft Excel * AutoCAD * Ms. Project	Indicado en el formato de la tesis
			Sectores de trabajo	* Balance de cargas	* Kg * m2 * m3	Cuantitativa continua			
Procesos y Recursos	Los procesos son las fases y etapas con el fin de direccionar la ejecución de proyecto de una manera eficaz. Los recursos son todo lo que nos aporta rendimiento a una obra, se puede decir que hay dos puntos de mayor implicancia a la hora de la ejecución del proyecto, los cuales son: La mano de obra y la logística de materiales, equipos y herramientas.	Consiste en mantener una constante supervisión del desempeño de la mano de obra y en la logística de los materiales, equipos y herramientas.	Porcentaje de Planes Cumplidos	* Índice de productividad	%	Cuantitativa continua	* Ficha de registro por recolección de datos	* Microsoft Excel	
			Control de Fases de Trabajo	* Trabajo Productivo * Trabajo Contributorio * Trabajo no Contributorio *Impacto Ambiental	%	Cuantitativa continua			

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

4.1. Método de la investigación

La investigación por sus características utilizará un método deductivo, porque mediante la aplicación de instrumentos de investigación se cuantificarán los tiempos y costos operativos en la ejecución del proyecto, es decir, se realizará una medición de las variables del estudio mediante datos numéricos buscando demostrar los beneficios al aplicar la filosofía Lean Construction.

4.2. Tipo de la investigación

La investigación por sus características es de tipo aplicada, porque se obtendrá un resultado práctico por medio del desarrollo de las metodologías de Lean Construction a la hora de ejecutar el proyecto.

4.3. Nivel de la investigación

La investigación por sus características es de nivel explicativo, porque busca dar una respuesta a la problemática de la investigación mediante los resultados obtenidos en el proyecto.

4.4. Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación es experimental, ya que se buscará obtener una relación causa/efecto de situaciones determinadas para optimizar procesos y recursos en el proyecto.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

La población de la presente investigación está conformada por todas las partidas a ejecutarse en el proyecto “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista”.

4.5.2. Muestra

La muestra de la presente investigación está conformada por las partidas del caco estructural de los sectores “B” y “C” del proyecto “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista”. Por el motivo que, son las partidas de mayor índice de desperdicio y de alto costo dentro de la ejecución de la obra.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizadas serán conformadas por el análisis del expediente del proyecto (planos, cronogramas de obra, presupuestos, metrados, entre otros) y la obtención de datos en campo.

4.7. Procedimientos para la recolección de datos

Para el procedimiento de recolección de datos de la presente investigación se llevará a cabo a partir del estudio de la aplicación de la filosofía Lean Construction en nuestro proyecto del caso de estudio de la Institución Educativa. Se detalla los pasos a seguir:

- Se recolectará la información del proyecto a partir de estudiar detalladamente el expediente técnico. A fin de poder aplicar las metodologías y herramientas que nos brinda la filosofía Lean Construction.
- Se procederá a realizar la sectorización considerando el balance correcto de cargas de trabajo. De esta manera, la programación por sector se podrá detallar como un tren de actividades considerando trabajos de las cimentaciones, elementos verticales y elementos horizontales.
- A continuación, se aplicará la metodología del Last Planner System, el cual se organizará con los tres tipos de programaciones de obra que integran este sistema, primero se tiene la programación maestra el cual nos otorga el planteamiento de trabajos de los hitos de inicio a fin del proyecto, a partir de ello se desarrollara la programación intermedia (Look Ahead) que tiene un alcance de lo que se ejecutara en un tiempo determinado por cuatro semanas hábiles de trabajo. La tercera fase es la programación semanal, el cual será de vital importancia para conocer a detalle los procesos que se realizaran de manera diaria.
- Al mismo tiempo de la aplicación del Last Planner System, se trabajará el control del proyecto con la aplicación de la carta balance el cual nos dará un indicativo de la eficiencia y eficacia de los procesos a ejecutarse. De esta manera, tendremos la recolección de datos de los trabajos productivos, trabajos contributorios y trabajos no contributorios, con el fin de conocer los índices de productividad y los procesos que nos dilatan los tiempos de ejecución y nos aumentas los costos.
- Por último, se utilizará la herramienta Just in time el cual nos permitirá controlar los requerimientos de la obra, y hacer una medición del impacto ambiental negativo y positivo que influye directamente o indirectamente al proyecto.

4.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para las técnicas de procesamiento y análisis de datos de la presente investigación, nos apoyaremos de programas como es Microsoft office Excel, AutoCAD y Ms Project. De esta manera, favorecer al desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Descripción del proyecto

El nombre del proyecto es “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista”, del distrito de Matucana. Provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

5.1.1. Ubicación del proyecto

El terreno está localizado en el Centro Poblado Matucana Sector 2 Mz. N2 Lt. 2 en el distrito de Matucana con un área de terreno de 3,106.70 m², la ubicación geográfica se visualiza en la Figura 9. Además, cuenta con los siguientes linderos:

- Por el Norte: colinda con propiedad de terceros; lote 1, con dos (2) lados de 25.15 ml y 13.88 ml.
- Por el Oeste: colinda con la Carretera Central con tres (3) lados de 30.20 ml, 4.80 ml y 54.80 ml.
- Por el Sur: colinda con propiedad de terceros; lote 3, con un (1) lado de 40.76 ml.
- Por el Este: colinda con la Av. Ricardo Bentín (antes Jr. Ferrocarril) con un (1) lado de 78.80 ml.

La Ubicación Política es la siguiente:

Departamento : Lima
Provincia : Huarochirí
Distrito : Matucana
Latitud : - 11.0845258°
Longitud : - 76.387567°
Altitud : 2,381 msnm

Figura 9

Ubicación geografía del proyecto



Nota. Elaboración Propia

5.1.2. Alcance del Proyecto

Los alcances del proyecto van dirigidos a los objetivos contractuales de la obra a ejecutarse mediante los plazos dispuestos por el cronograma y costos estipulado en el presupuesto.

La Tabla 3 nos da un alcance del costo general del proyecto para cada especialidad siendo el de mayor envergadura el Componente I: Estructuras – Sub Presupuesto 01.

Tabla 3

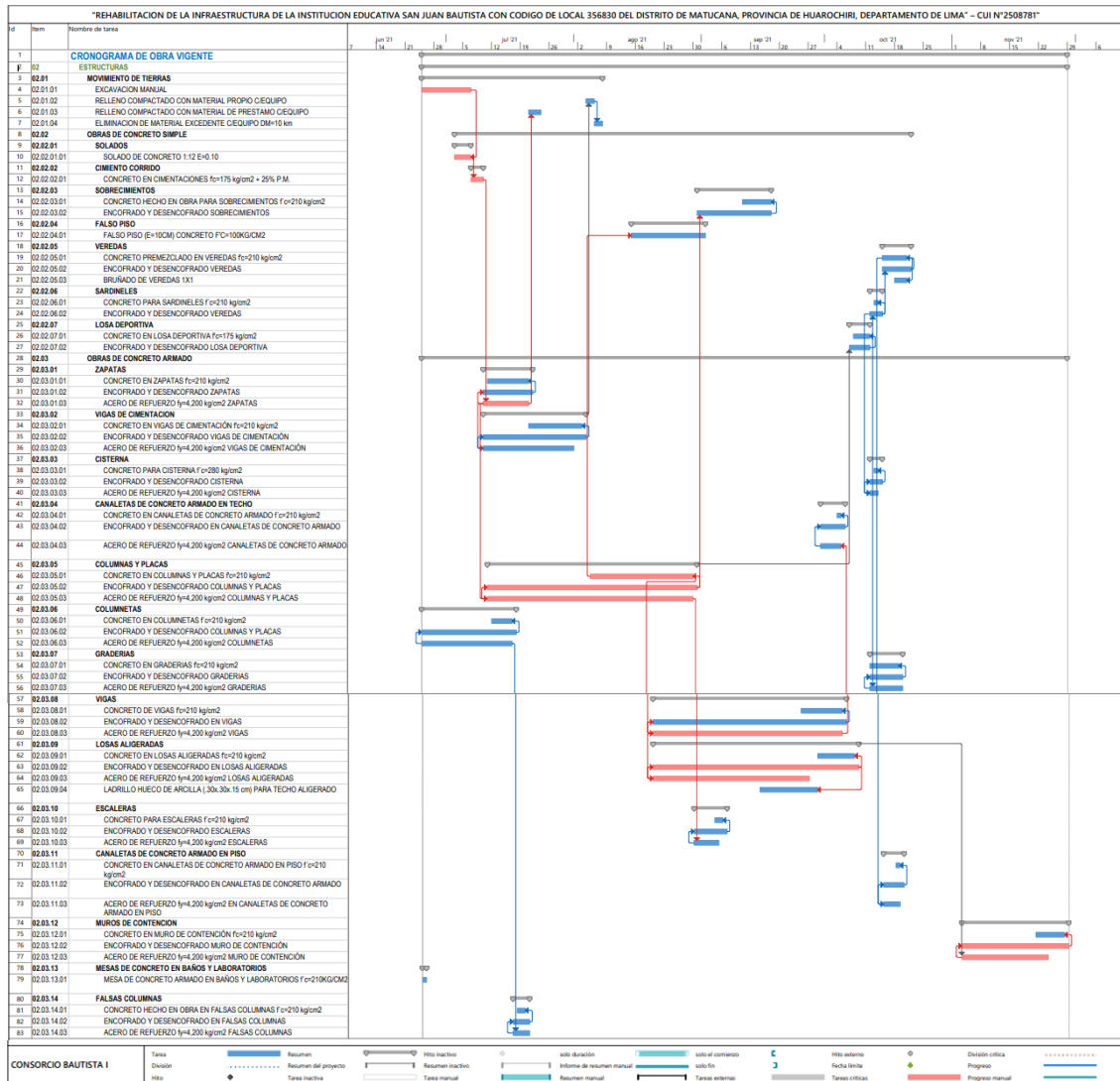
Presupuesto Contractual del Proyecto

Sub Presupuesto	Descripción de Sub Presupuestos	Costo
Componente I: Infraestructura		
SUB. PREP. 01	Estructuras	S/ 2,865,473.79
SUB. PREP. 02	Arquitectura	S/ 1,868,127.17
SUB. PREP. 03	Instalaciones Eléctricas	S/ 130,501.87
SUB. PREP. 04	Instalaciones Sanitarias	S/ 336,733.63
	Costo Directo	S/ 5,200,836.46
	Gastos Generales (7%)	S/ 364,058.55
	Utilidades (8%)	S/ 416,066.92
	Sub Total	S/ 5,980,961.93
	IGV (18%)	S/ 1,076,573.15
	Valor Referencial de Infraestructura	S/ 7,057,535.08
Componente II: Equipamiento, Mobiliario, Contingencia y Supervisión		
	Plan de Contingencia	S/ 112,711.46
	Equipamiento y Mobiliario	S/ 322,360.42
	Supervisión (4.27%)	S/ 301,195.00
	Costo Total de Inversión I + II	S/ 7,793,801.95

Nota. Elaboración propia

La Figura 10 nos brinda el tiempo de ejecución de la especialidad de estructuras indicando los hitos de inicio a fin de cada una de las partidas que los integra.

Figura 10
Cronograma General de Obra – Estructuras



Nota. Elaboración Propia

5.2. Implementación de Lean Construction

La implementación de Lean Construction (LC), se describe como la aplicación de las metodologías y herramientas pertenecientes a su filosofía, con la finalidad de optimizar los costos y tiempos del proyecto “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista”.

Para su aplicación, se utilizará un conjunto de técnicas de planeamiento y control de obra, lo cual se indica a continuación: Sectorización, Tren de actividades, Planificación maestra, intermedia (LookAhead Planning) y diaria, porcentaje de planes cumplidos (PPC), índice de productividad y carta balance.

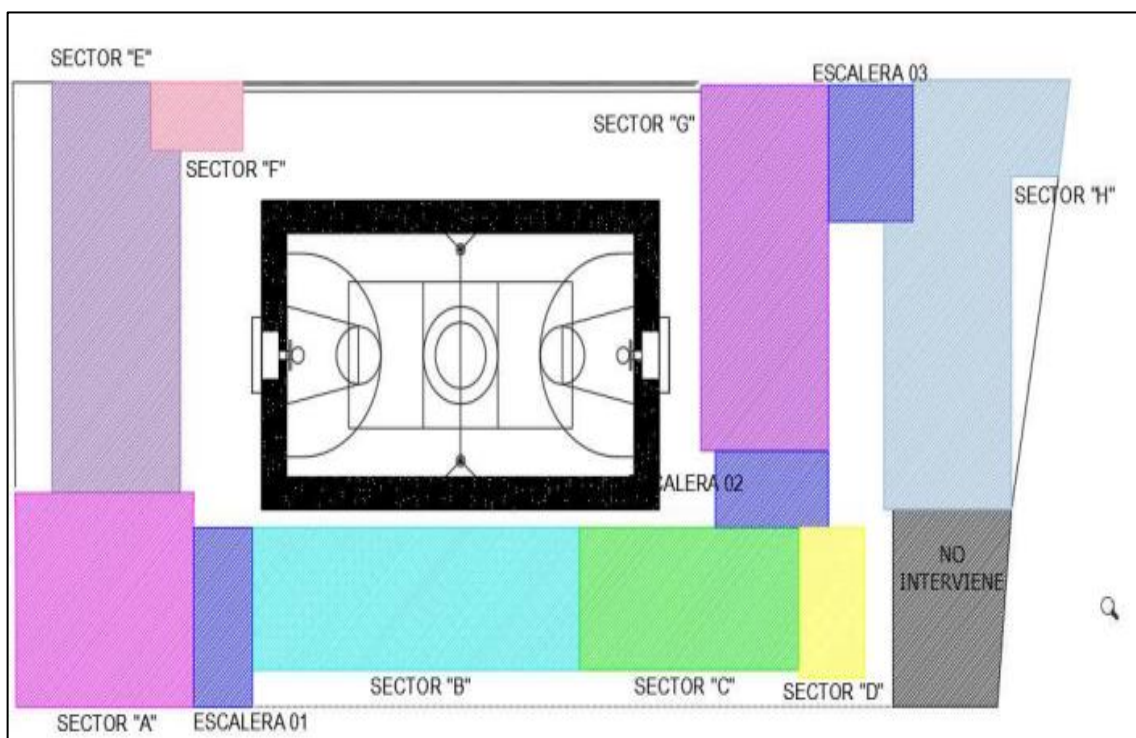
5.2.1. Sectorización

La aplicación de la sectorización se basa en la subdivisión del proyecto en sectores con un equilibrio de tareas comparable. Se ha intentado conservar una geometría rectangular en todos los bloques, de forma que la relación longitud/anchura sea del orden de 1 a 4, criterio necesario cuando se considera un diafragma rígido. Las paredes interiores y los tabiques no son físicamente solidarios con el sistema principal en ninguno de los bloques, por lo que se aíslan de la estructura principal mediante juntas de 5,00 cm convenientemente confinadas con columnetas y vigas de amarre. La especialidad de estructuras del proyecto “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista”, está compuesto por 8 bloques y 3 escaleras: A, B, C, D, E, F, G, H y escaleras 1, 2, 3. Todo lo antes mencionado se visualiza en la Figura 11.

Para nuestro caso de estudio, nos basaremos en planificar y controlar los trabajos en los sectores “B” y “C”.

Figura 11

Zonificación de bloques y sectores de trabajo




Nota. Elaboración Propia

- Sector A y Escalera N°1: Es un bloque de 2 niveles con un área de 123.47 m² y presenta una configuración estructural predominante en base a pórticos de concreto armado. La escalera N° 1 se encuentra incorporada estructuralmente al sector A.

- Sector B: Es un bloque de 2 niveles con un área de 166.67 m² y presenta una configuración estructural predominante en base a pórticos de concreto armado.
- Sector C: Es un bloque de 2 niveles con un área de 112.60 m². Similar al sector B y presenta una configuración estructural predominante en base a pórticos de concreto armado.
- Sector D: Es un bloque de 2 niveles con un área de 36.21 m², destinados a baños para hombres y mujeres en ambos pisos y presenta una configuración estructural predominante en base a pórticos de concreto armado.
- Sector E: Es un bloque de 2 niveles con un área de 279.20 m² y presenta una configuración estructural predominante en base a pórticos de concreto armado con algunos muros de albañilería confinada en aparejo de cabeza.
- Sector F: Es un bloque de 2 niveles con un área de 30.24 m² y presenta una configuración estructural predominante en base a pórticos de concreto armado en ambas direcciones X e Y.
- Sector G, Escaleras N°2 y 3: Es un bloque de 2 niveles con un área de 176.85 m² destinado a talleres educativos, comedor y cocina en el 1° piso y talleres educativos y biblioteca en el 2° piso; presenta una configuración estructural predominante en base a pórticos de concreto armado con algunos muros de albañilería en la zona de la escalera N° 2. La Escalera N° 2 se encuentra incorporada estructuralmente en el sector G y la escalera N°3 es independiente estructuralmente, estando ubicada entre los sectores G y H.
- Sector H: Es un bloque de 2 niveles con un área de 233.89 m², destinados ambos a talleres, talleres pesados en el 1° piso y livianos en el 2° piso; y presenta una configuración estructural predominante en base a pórticos de concreto armado con algunos muros de albañilería confinada en aparejo de cabeza.

A continuación, se procedió a realizar los metrados de los sectores B y C con implicancia en las partidas de la especialidad de estructuras, lo cual se visualiza en la Tabla 4.

Tabla 4*Metrados por sector*

METRADOS POR SECTOR				
		CONSORCIO BAUTISTA I		
FECHA:	OCTUBRE-2021			
UBICACIÓN:	DISTRITO DE MATUCANA, PROVINCIA DE HUAROCHIRI, DEPARTAMENTO DE LIMA			
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	Área UND.	166.67 m2 SECTOR B	112.60 m2 SECTOR C
02.	ESTRUCTURAS			
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
02.01.01	Excavación manual	m3	159.40	107.69
02.01.02	Relleno compactado c/equipo mat/propio	m3	30.16	20.38
02.01.03	Eliminación material excedente acarreado por excavaciones	m3	168.01	113.51
02.02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE			
02.02.01	SOLADO			
02.02.01.01	Solado de concreto 1:12 e=0.10	m2	66.14	44.69
02.02.02	CIMIENTO CORRIDO			
02.02.02.01	Concreto cimiento corrido f'c=175 kg/cm2. c:h: 1:10+30% pg	m3	70.89	44.69
02.02.03	SOBRECIMIENTO			
02.02.03.01	Sobrecimientos - concreto f'c=210 kg/cm2	m3	12.56	8.49
02.02.03.02	Sobrecimientos - encof. y desencofrado	m2	100.51	67.90
02.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
02.03.01	ZAPATAS			
02.03.01.01	Zapatatas - concreto 210 kg/cm2	m3	36.67	24.77
02.03.01.02	Zapatatas - encof. y desencofrado	m2	26.89	18.17
02.03.01.03	Zapatatas - acero fy=4200 kg/cm2	Kg	736.85	497.80
02.03.02	VIGA DE CIMENTACION			
02.03.02.01	Viga de cimentación - concreto f'c=210 kg/cm2	m3	38.82	26.23
02.03.02.02	Viga de cimentación - encof. y desencofrado	m2	112.73	76.16
02.03.02.03	Viga de cimentación - acero fy=4,200 kg/cm2	Kg	1234.00	833.67
02.03.04	CANALES DE CONCRETO ARMADO EN TECHO			

02.03.04.01	Concreto 210 kg/cm ²	m ³	4.08	2.76
02.03.04.02	Encofrado y desencofrado	m ²	36.95	24.97
02.03.04.03	Acero fy=4200 kg/cm ²	Kg	154.00	104.04
02.03.05	COLUMNAS Y PLACAS			
02.03.05.01	Concreto 210 kg/cm ²	m ³	34.90	23.58
02.03.05.02	Encofrado y desencofrado	m ²	309.87	209.34
02.03.05.03	Acero fy=4200 kg/cm ²	Kg	6271.93	4237.23
02.03.06	COLUMNETAS			
02.03.06.01	concreto 210 kg/cm ²	m ³	8.10	5.47
02.03.06.02	Encofrado y desencofrado	m ²	128.06	86.51
02.03.06.03	Acero fy=4200 kg/cm ²	Kg	1239.46	837.36
02.03.08	VIGAS			
02.03.08.01	Vigas - concreto 210 kg/cm ²	m ³	29.13	19.68
02.03.08.02	Vigas - encofrado y desencofrado	m ²	401.89	271.51
02.03.08.03	Vigas - acero fy=4200 kg/cm ²	Kg	5220.97	3527.22
02.03.09	LOSAS ALIGERADAS			
02.03.09.01	Losa aligerada - concreto 210 kg/cm ²	m ³	30.50	20.60
02.03.09.02	Losa aligerada - encofrado y desencofrado	m ²	342.68	231.51
02.03.09.03	Losa aligerada - acero fy=4,200 kg/cm ²	Kg	2186.33	1477.06
02.03.09.04	Losa aligerada - ladr. hueco 15x30x30	Und.	3084.13	2083.59

Nota. Elaboración propia

5.2.2. Tren de actividades

El primer paso para realizar el tren de actividades es conocer la ratio de productividad y la cuadrilla de trabajo para cada sector. En las Tablas 5 y 6, se visualiza la cantidad de personal obrero para los sectores B y C respectivamente, que se necesitará para cumplir los rendimientos mínimos diarios respecto a su ratio de horas hombre por unidad de partida, toda la información se obtuvo en base al análisis de costos unitarios contractual del proyecto.

Tabla 5*Ratio de productividad Sector B*

Cálculo de cuadrilla por ratio							
	Und.	Metrado-Sector B	Ratio	HH Totales	Plazo (días)	Rendimiento diario a cumplir	Cantidad de cuadrillas
FASE CIMENTACIONES							
Excavación	m3	159.40	2.67	425.6	40.0	4.0	2.0
Relleno	m3	30.16	1.34	40.4	40.0	0.8	1.0
Eliminación material excedente	m3	168.01	0.05	9.0	40.0	4.2	1.0
Solado	m2	66.14	0.73	48.1	40.0	1.7	1.0
Acero fy=4200	Kg	1970.84	0.08	157.7	40.0	49.3	1.0
Encofrado	m2	127.40	2.00	254.8	40.0	3.2	1.0
Concreto Simple	m3	70.89	0.42	29.8	40.0	1.8	1.0
Concreto f'c = 210	m3	88.05	4.48	394.5	40.0	2.2	2.0
Desencofrado	m2	127.40	2.00	254.8	40.0	3.2	1.0
FASE ELEMENTOS VERTICALES							
Acero fy=4200	Kg	7511.39	0.08	600.9	40.0	187.8	2.0
Encofrado	m2	437.92	2.00	875.8	40.0	10.9	3.0
Concreto f'c = 210	m3	43.00	4.48	192.6	40.0	1.1	1.0
Desencofrado	m2	437.92	2.00	875.8	40.0	10.9	3.0
FASE ELEMENTOS HORIZONTALES							
Acero fy=4200	Kg	8459.10	0.08	676.7	40.0	211.5	3.0
Ladrillo	Und.	3084.13	0.06	169.6	40.0	77.1	1.0
Encofrado	m2	781.53	2.00	1563.1	40.0	19.5	5.0
Concreto f'c = 210	m3	63.71	4.48	285.4	40.0	1.6	1.0
Desencofrado	m2	781.53	2.00	1563.1	40.0	19.5	5.0

Nota. Elaboración propia

Tabla 6.*Ratio de productividad Sector C*

Cálculo de cuadrilla por ratio							
	Und.	Metrado-Sector B	Ratio	HH Totales	Plazo (días)	Rendimiento diario a cumplir	Cantidad de cuadrillas
FASE CIMENTACIONES							
Excavación	m3	107.69	2.67	287.5	40.0	2.7	1.0
Relleno	m3	20.38	1.34	27.3	40.0	0.5	1.0
Eliminación material excedente	m3	113.51	0.05	6.0	40.0	2.8	1.0
Solado	m2	44.69	0.73	32.5	40.0	1.1	1.0
Acero fy=4200	Kg	1331.47	0.08	106.5	40.0	33.3	1.0
Encofrado	m2	86.07	2.00	172.1	40.0	2.2	1.0
Concreto Simple	m3	47.89	0.42	20.2	40.0	1.2	1.0
Concreto f'c = 210	m3	59.48	4.48	266.5	40.0	1.5	1.0
Desenofrado	m2	86.07	2.00	172.1	40.0	2.2	1.0
FASE ELEMENTOS VERTICALES							
Acero fy=4200	Kg	5074.59	0.08	406.0	40.0	126.9	2.0
Encofrado	m2	295.86	2.00	591.7	40.0	7.4	2.0
Concreto f'c = 210	m3	29.05	4.48	130.1	40.0	0.7	1.0
Desenofrado	m2	295.86	2.00	591.7	40.0	7.4	2.0
FASE ELEMENTOS HORIZONTALES							
Acero fy=4200	Kg	5714.85	0.08	457.2	40.0	142.9	2.0
Ladrillo	Und.	2083.59	0.06	114.6	40.0	52.1	1.0
Encofrado	m2	527.99	2.00	1056.0	40.0	13.2	4.0
Concreto f'c = 210	m3	43.04	4.48	192.8	40.0	1.1	1.0
Desenofrado	m2	527.99	2.00	1056.0	40.0	13.2	4.0

Nota. Elaboración propia

Posteriormente, se plantea, planifica y desarrolla el tren de actividades con lo cual las cuadrillas trabajan de manera consecutiva con procesos continuos y ordenados establecidos en la sectorización y condicionados por los ratios de productividad que se solicita.

Se identifica que los procesos del tren de actividades están conectadas de manera que presenten flujos constantes de trabajo, generando dependencia entre partidas a ejecutarse permitiendo reducir parcial o totalmente los tiempos de holgura, entendiendo que todo flujo de actividades será reconocido como rutas críticas, de esta manera, el planteamiento inicial del tren de actividades presenta un tiempo de ejecución para los sectores B y C de

30 días hábiles de trabajo y con un buffer o amortiguador de 10 días, los cuales se ha planteado utilizarse para algunas actividades que presente retraso sea por rendimiento propio del personal obrero (tiempos muertos o no contributorios), retrasos de cumplimientos de trabajos por las subcontratas, retardo de permisos municipales, por la logística de materiales, equipos o herramientas propias para la obra. Lo mencionado líneas arriba se visualiza en el Anexo B.

5.2.3. Programación intermedia o LookAhead Planning

Con el método de LookAhead Planning, nos propusimos planificar trabajos con una duración de 4 a 5 semanas, partiendo de la base inicial de la implementación Lean Construction que constituye la sectorización y el tren de actividades antes mencionados en este trabajo de investigación.

Para la implementación de la planificación intermedia de obra o LookAhead, se utilizó un formato Excel el cual se visualiza en la Figura 12, los trabajos a realizarse están divididos para los dos sectores de estudio y con una duración de 4 semanas que empieza la semana 8 y termina la semana 12.

Figura 12

Programación intermedia de obra

LookAhead Planning		Semana 8					Semana 9					Semana 10					Semana 11					Semana 12						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Fase Cimentaciones	Excavacion	B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2																			
	Eliminación material excedente		B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2																		
	Solado			B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2																	
	Acero fy=4200				B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2																
	Encofrado				B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2																
	Concreto Simple					B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2															
	Concreto f'c = 210					B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2															
	Desencofrado						B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2														
	Relleno							B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2													
Fase Elementos Horizontales	Acero fy=4200									B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2											
	Encofrado									B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2											
	Concreto f'c = 210									B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2											
	Desencofrado										B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2										
Fase Elementos Verticales	Encofrado										B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2										
	Acero fy=4200											B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2									
	Ladrillo											B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2									
	Concreto f'c = 210											B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2									
	Desencofrado											B1	B1	C1	C1	B2	B2	C2	C2									

Nota. Elaboración propia

En la Figura 13, se observa la programación intermedia con las restricciones de mayor implicancia en la productividad de la obra, las cuales se distinguen por el color rojo y

naranja en las celdas correspondientes a fechas específicas del cauce de la limitación respectiva.

Figura 13

Análisis de restricciones

LookAhead Planning		Semana 8							Semana 9							Semana 10							Semana 11							Semana 12							
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
Fase Cimentaciones	Excavacion	B1	B1	C1	C1	B2		B2	C2	C2																											
	Eliminación material excedente	B1		B1	C1	C1		B2	B2	C1	B2																										
	Soldado			B1	B1	C1		C1	B2	B2	C2	C2																									
	Materiales: Llegada de acero																																				
	Acero fy=4200				B1	B1		C1	C1	B2	B2	C2			C2																						
	Encofrado					B1		B1	C1	C1	B2	B2			C2	C2																					
	Concreto Simple							B1	B1	C1	C1	B2			B2	C2	C2																				
	Concreto f'c = 210							B1	B1	C1	C1				B2	B2	C2	C2																			
Desencofrado									B1	B1	C1			C1	B2	B2	C2	C2																			
Relleno										B1	B1	C1			C1	C1	B2	B2	C2			C2															
Fase Elementos Horizontales	Materiales: Llegada de acero																																				
	Acero fy=4200											B1			B1	C1	C1	B2	B2			C2	C2														
	Encofrado														B1	B1	C1	C1	B2			B2	C2	C2													
	Concreto f'c = 210															B1	B1	C1	C1			B2	B2	C2	C2												
Fase Elementos Verticales	Desencofrado														B1	B1	C1				C1	B2	B2	C2	C2												
	Encofrado															B1	B1				C1	C1	B2	B2	C2	C2											
	Acero fy=4200															B1					B1	C1	C1	B2	B2												
	Materiales: Llegada de ladrillo																																				
	Ladrillo																					B1			B1	C1	C1	B2	B2								
Concreto f'c = 210																					B1	B1	C1	C1	B2												
Desencofrado																					B1	B1	C1	C1													

Nota. Elaboración propia

5.2.4. Programación semanal


La programación semanal representa la planificación con mayor detalle de los trabajos a ejecutarse, es realizado por todo el personal que ejerce una labor en el desarrollo del proyecto, identificados como supervisores, ingeniero residente, ingeniero de calidad, administradores de obra, capataces, personal obrero, entre otros.

A partir de la elaboración de la planificación de trabajo semanal se medirá el cumplimiento de lo ejecutado mediante el porcentaje de plan cumplida (PPC), a partir de ello, se mantendrá un control de lo que se hizo y lo que se tuvo que hacer, y se evaluará los motivos de incumplimientos para tomar las medidas complementarias correspondientes a cada suceso de la obra que contenga un retraso. Se tomará como crítico a PPC menores al 80%.

En la Tabla 7, se visualiza los trabajos planteados para la semana 10 los cuales están condicionados a la llegada de los materiales correspondientes a cada partida.

Tabla 7

Planificación semanal


 CONSORCIO BAUTISTA I		PROGRAMACIÓN SEMANAL						Página 1 de 2			
		ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:					
		Flavio Cesar Rojas Pastor		Ing. Oscar Santa María Llontop		Ing. Oscar Santa María Llontop					
NOMBRE DE PROYECTO:		INGENIERO DE PRODUCCIÓN:				SEMANA:					
"REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN JUAN BAUTISTA CON CODIGO LOCAL 356830 DEL DISTRITO DE MATUCANA - PROVINCIA DE HUARACHIRI - DEPARTAMENTO DE LIMA"		Ing. Oscar Santa María Llontop				SEM 10					
						FECHA:					
						18/10/2021					
SECTOR B		SEMANA 10						RESPONSABLE		OBSERVACIONES / RESTRICCIONES	
PARTIDA DE CONTROL	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	L	M	M	J	V	S				
		18	19	20	21	22	23	24			
2.00	FRENTE #01										
2.01	ACERO DE COLUMNAS DE AMARRE	S-B2	S-B2	S-C2	S-C2	S-C2			LOGISTICA	ACERO DE 3/8", ALAMBRE #16	
2.02	ENCOFRADO DE COLUMNAS DE AMARRE	S-C1	S-B2	S-B2	S-C2	S-C2			LOGISTICA	LLEGADA DE MATERIALES (ARENA GRUESA, PIEDRA, TUBERIA 3/4")	
2.03	CONCRETO DE COLUMNAS DE AMARRE	S-C1	S-C1	S-B2	S-B2	S-C2			LOGISTICA	LLEGADA DE MATERIALES (ARENA GRUESA, PIEDRA)	
2.04	ENCOFRADO DE VIGAS DE AMARRE	S-B1	S-C1	S-C1	S-B2	S-B2			LOGISTICA	LLEGADA DE MATERIALES (ARENA GRUESA, PIEDRA, TUBERIA 3/4")	
2.05	HABILITADO Y COLOCADO DE ACERO DE VIGAS DE AMARRE	S-B1	S-B1	S-C1	S-C1	S-B2			LOGISTICA	ACERO DE 3/8", ALAMBRE #16	
2.06	CONCRETO DE VIGAS DE AMARRE	ESCAL	S-B1	S-B1	S-C1	S-C1			LOGISTICA	LLEGADA DE MATERIALES (ARENA GRUESA, PIEDRA)	
TOTAL DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS DIARIAMENTE		6	6	6	6	6	0	0			
TOTAL DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS SEMANALMENTE		30									

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 8, se visualiza los avances de semanales para cada proceso ejecutado y las causas de no cumplimiento de partidas puntuales, como es el caso de la falta de coordinación con la concretera correspondiente retardando el proceso de vaciado de las columnas y vigas de los sectores B y C.

Tabla 8

Programación semanal real de obra

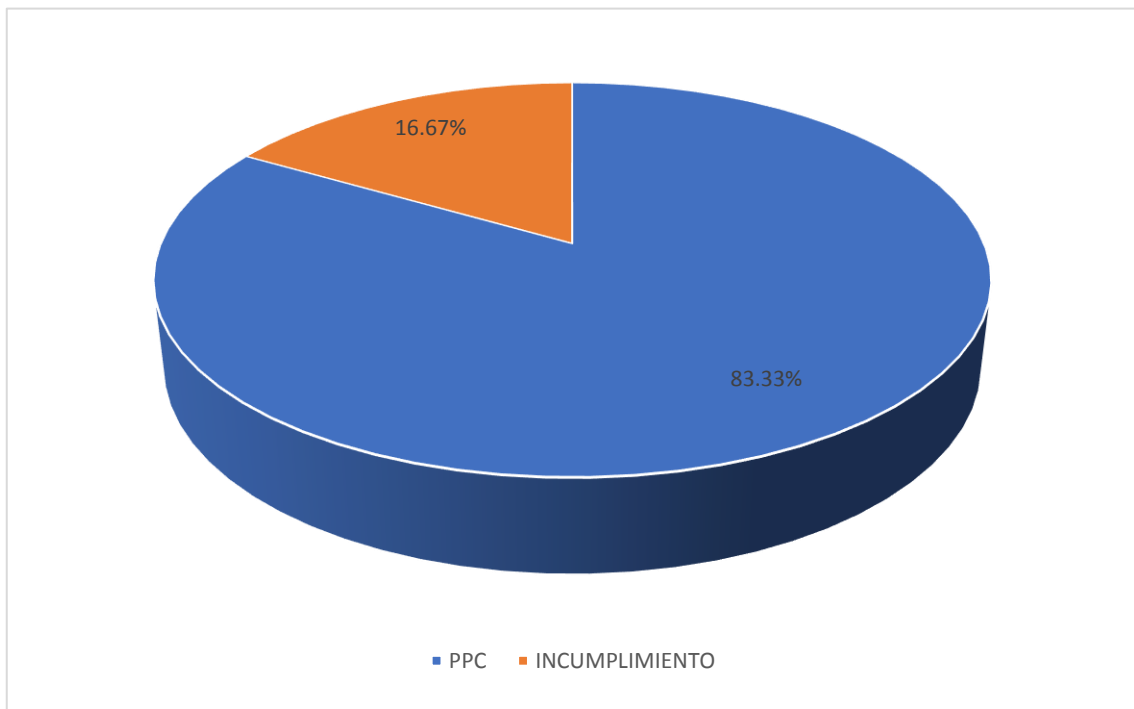
 CONSORCIO BAUTISTA I		PROGRAMACIÓN SEMANAL											
		ELABORADO POR:				REVISADO POR:				APROBADO POR:			
		Flavio Cesar Rojas Pastor				Ing. Oscar Santa María Llontop				Ing. Oscar Santa María Llontop			
NOMBRE DE PROYECTO:		INGENIERO DE PRODUCCIÓN:						SEMANA:					
"REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN JUAN BAUTISTA CON CODIGO LOCAL 356830 DEL DISTRITO DE MATUCANA - PROVINCIA DE HUARACHIRI - DEPARTAMENTO DE LIMA"		Ing. Oscar Santa María Llontop						SEM 10					
PARTIDA DE CONTROL	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	SECTOR B y C						ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO					
		L	M	X	J	V	S	D	Total de Actividades	SI	NO	TIPO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO
		18	19	20	21	22	23	24					
2.00	FRENTE 01 y 02												
2.01	ACERO DE COLUMNAS DE AMARRE	63.16	70.25	78.50	79.01	49.01			5	5	0	MAT	NO SE TIENE ACERO CORRUGADO NECESARIO
2.02	ENCOFRADO DE COLUMNAS DE AMARRE	14.00	14.00	4.40	14.20	41.71			5	5	0		
2.03	CONCRETO DE COLUMNAS DE AMARRE	10.00	10.00	8.00					5	3	2	MAT	FALTA DE COORDINACIÓN CON CONCRETERA
2.04	ENCOFRADO DE VIGAS DE AMARRE	1.50	1.50	5.40	6.40	2.90			5	5	0		
2.05	HABILITADO Y COLOCADO DE ACERO DE VIGAS DE AMARRE	63.16	63.16	65.00		49.01			5	4	1	MAT	NO SE TIENE ACERO CORRUGADO NECESARIO
2.06	CONCRETO DE VIGAS DE AMARRE	10.00	10.00	10.00					5	3	2	MAT	FALTA DE COORDINACIÓN CON CONCRETERA
PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO SEMANAL									30	25.00	5.00		
										83 %	17 %		
										ACCEPTABLE			

Nota. Elaboración propia

En la Figura 14, se visualiza de forma gráfica los porcentajes de cumplimientos e incumplimientos de la semana 10 de los trabajos realizados, dando como resultado un porcentaje de cumplimiento semanal del 83.33%, lo cual es aceptable, pero de la misma manera se puede mejorar, tomando las medidas correspondientes a los causales de incumplimiento, teniendo más cuidado con la logística de los materiales de obra y las coordinaciones con la concretera correspondiente.

Figura 14

Porcentaje de cumplimiento semanal



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 9, se visualiza los trabajos planteados para el día 18 de octubre del 2021, los cuales serán ejecutados de manera paralela para los sectores B y C. Para las partidas comprendidas en el plan diario se especifica el metrado, la cuadrilla de obreros, el inicio y fin de los trabajos y el responsable de obra.

Tabla 9*Plan diario de ejecución*

PLAN DIARIO - FECHA 18/10/2021						
PROYECTO:	"REHAB. DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN JUAN BAUTISTA CON CODIGO LOCAL 356830"					
DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	Und.	Metrado	Cuadrilla	Inicio	Fin	Responsable
PISO - VARIOS						
HORIZONTALES						
SECTOR B						
ENCOFRADO LATERAL DE VIGA	m2	45.10	2 OP + 2 AYUD	09:00	16:00	Ing. Pedro Chelin
ENCOFRADO DE FONDO DE VIGA	m2	30.50	2 OP + 2 AYUD	11:30	17:30	Ing. Pedro Chelin
ACERO DE VIGAS	kg	1,200.00	6 OP	11:00	17:30	Ing. Pedro Chelin
ENCOFRADO DE LOSA ALIGERADA	m2	30.50	2OP+2AYUD	11:30	14:00	Ing. Pedro Chelin
VERTICALES						
SECTOR C						
ENCOFRADO VERTICAL-COLUMNAS	m2	50.20	2OP + 2 AYUD	09:00	15:30	Ing. Pedro Chelin
CONCRETO VERTICAL-COLUMNAS	m3	8.50	2OP + 1 AYUD	16:30	17:00	Ing. Pedro Chelin
TRABAJOS VARIOS						
SEÑALIZACION PERMANENTE	Glb.	1.00	1AYU	08:00	17:30	Ing. Pedro Chelin
LIMPIEZA GENERAL	Glb.	1.00	1AYU	08:00	17:30	Ing. Pedro Chelin

Nota. Elaboración propia**5.2.5. Carta balance**

La carta balance nos permite evaluar la distribución y duración de cada uno de los trabajos mediante el tiempo productivo, tiempo contributorio y tiempo no contributorio (TP, TC y TNC).

Para el presente proyecto, se realizó un formato especializado para el análisis y evaluación de la carta balance mediante partidas de cimentaciones, elementos verticales y elementos horizontales. Lo antes mencionado se puede visualizar en las Tablas 10, 11 y 12.

Tabla 10*Carta balance – Encofrado metálico*

Carta Balance					
Encofrado Metálico					
ABR.	TP	ABR.	TC	ABR.	TNC
CP	Colocación de pistolas	BM	Búsqueda de materiales	B	Baño
CE	Colocación de espárragos	TRS	Transporte	VJ	Viaje
CPV	Colocar planchas	TM	Tomar medidas	TE	Tiempo de espera
CAV	Colocar accesorios	PCD	Picado	VG	Vigía
ALN	Colocar alineadores	LE	Limpieza de encofrado	N	Ocio
PUN	Colocar puntales	PLR	Plomar		
ESQ	Colocar esquineros	PLF	Plataforma		
CTM	Colocar taco de madera	AA	Armar andamios		
CPT	Colocar platinas				
CLV	Clavar				

Nota. Elaboración propia

Tabla 11*Carta balance – Concreto Premezclado*

Carta Balance					
Concreto Premezclado					
ABR.	TP	ABR.	TC	ABR.	TNC
VCT	Vaciado de concreto	VC	Vibrar concreto	LLM	Llegada de mixer
ACP	Acomodar concreto (pala)	AMC	Acarreo de materiales	VJ	Viajes
		CCT	Colocación chutes	T	Tiempo de espera
		IRD	Instrucciones recibidas	N	Ocio
		JCB	Juntar concreto en batea	VG	Vigía

Nota. Elaboración propia

Tabla 12*Carta balance – Habilitación y colocación de acero*

Carta Balance					
Habilitación y colocación de acero					
ABR.	TP	ABR.	TC	ABR.	TNC
H	Colocación de H. acero	BM	Búsqueda de materiales	B	Baño
V	Colocación de V. acero	AMC	Acarreo de materiales	V	Viaje
A1	Colocación de alambre	TM	Tomar medidas	T	Tiempo de espera
EST	Estribos	IRD	Instrucciones recibidas	N	Ocio
		AA	Armar andamios		

Nota. Elaboración propia

Para analizar la productividad a la hora de ejecutar las partidas correspondientes al proyecto, es importante conocer las cuadrillas de trabajos de cada una de ellas. Lo antes mencionado se puede visualizar en las Tablas 13, 14 y 15.

Tabla 13

Cuadrilla de trabajo - Encofrado

Cuadrilla de trabajo - Encofrado		
N°	Nombres y Apellidos	Categoría
1	Manases, Hidalgo Camprubi	Operario
2	Edison Beskenvawer, Ignacio Santos	Peón
3	Martín Teodocio, Zúñiga Duran	Operario
4	Esaut, Quispe Ñahui	Peón
5	Kervin Zoel, Borquez Quintana	Operario
6	Francisco Manuel, Villanueva Alvarado	Operario
7	David Gabino, Tiese Galarza	Peón
8	José Miguel Acuña Gamarra	Peón
9	Alejandro, Arenas Santiago	Capataz
10	Bryan Anhony, Sebastian Zavaleta	Peón

Nota. Elaboración propia

Tabla 14

Cuadrilla de trabajo - Concreto

Cuadrilla de trabajo - Concreto		
N°	Nombres y Apellidos	Categoría
1	Eleuterio, Villanueva Grijalva	Operario
2	Miguel Angel, Vilcapoma Alfaro	Operario
3	Marvin Ricardo, Gomez Soto	Capataz
4	Junior Cristihan, Rivera Gonzales	Peón
5	Cesar Daniel, Mamani Rodriguez	Operario
6	Gerardo Paliña Lazo Garcia	Peón

Nota. Elaboración propia

Tabla 15

Cuadrilla de trabajo – Habilitación y colocación de acero

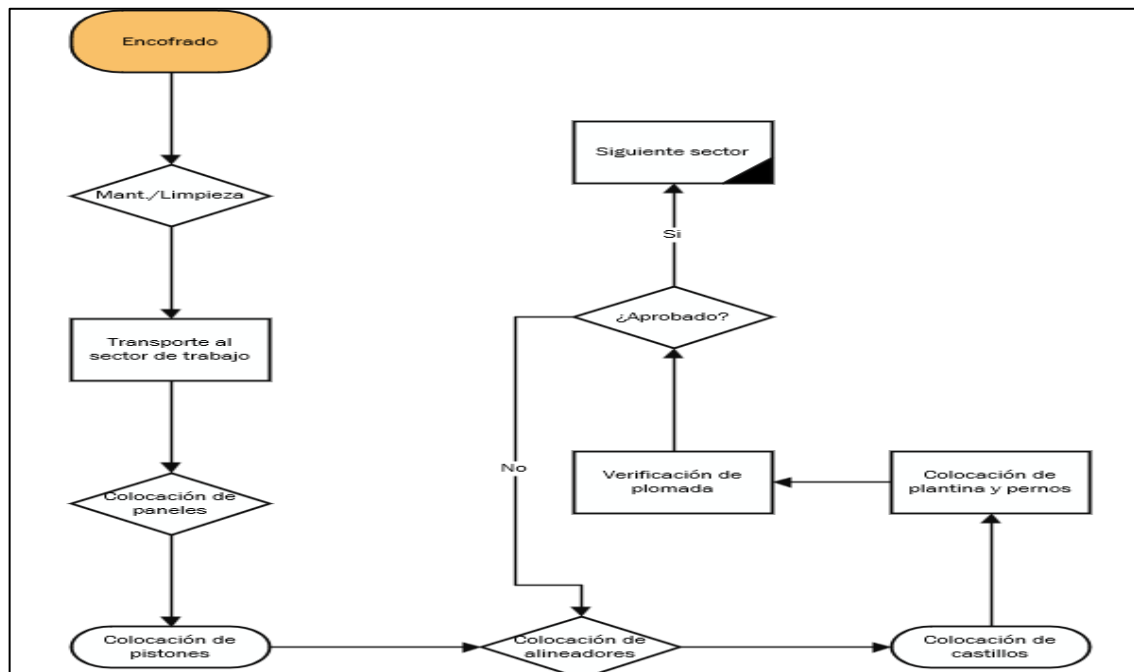
Cuadrilla de trabajo - Habilitación y colocación de acero		
Nº	Nombres y Apellidos	Categoría
1	Franklin Fernando de la Cruz Saavedra	Capataz
2	Jimmy Garlick, Aylas Tacza	Operario
3	Elvis Frank, Gonzales Sueldo	Operario
4	Henry Jesus, Espino Doza	Operario
5	Victor Alfredo, Millan Villagomez	Operario
6	Jorge Alexander Jhoso, Palomino Tacza	Peón
7	Pedro Luis, Castro Panduro	Peón
8	Alexander, De la Cruz Chavez	Peón
9	Miguel Angel, Macavilca Panduro	Oficial

Nota. Elaboración propia

Conociendo el personal de trabajo para las partidas correspondientes al proyecto, se da continuación al reconocimiento de los pasos a seguir para el correcto desarrollo de los trabajos que serán realizados por los obreros y supervisado por los Ingenieros a cargo, lo cual como consecuencia al diagrama de flujo esperamos un orden de los trabajos, un mejor control de los materiales, equipos y herramientas a utilizar y una mayor productividad de la mano de obra. Lo antes mencionado se puede visualizar en las Figuras 15, 16 y 17.

Figura 15

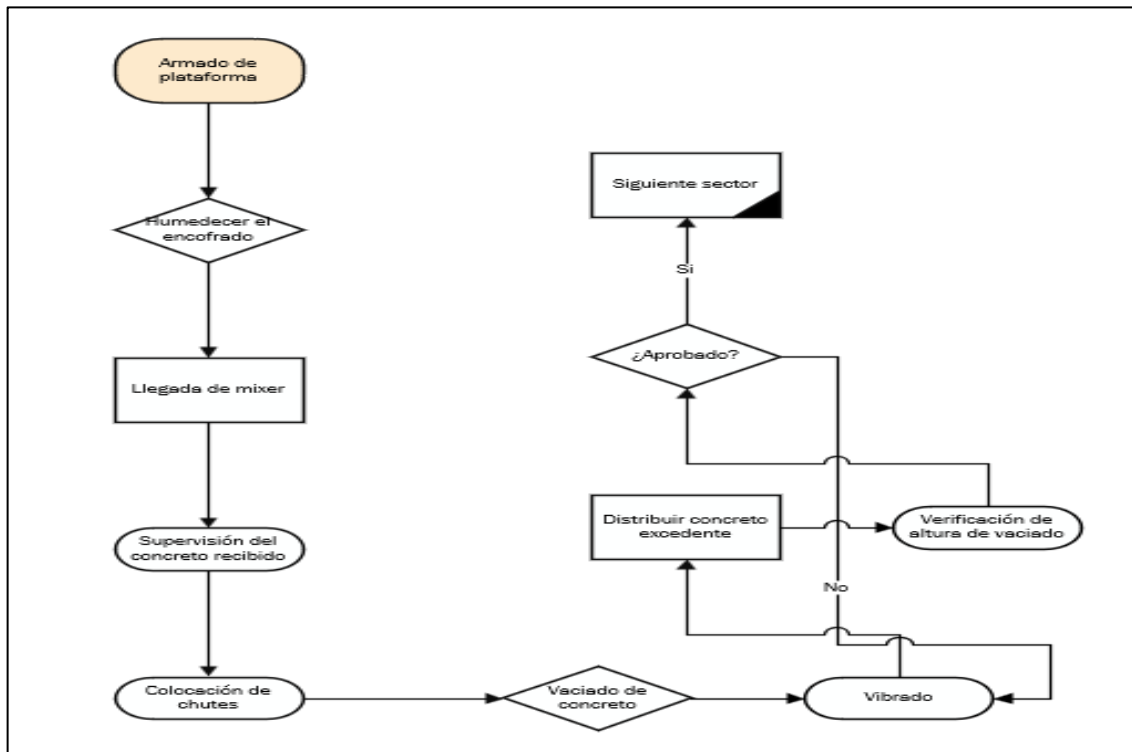
Flujo de trabajo para encofrado metálico



Nota. Elaboración propia

Figura 16

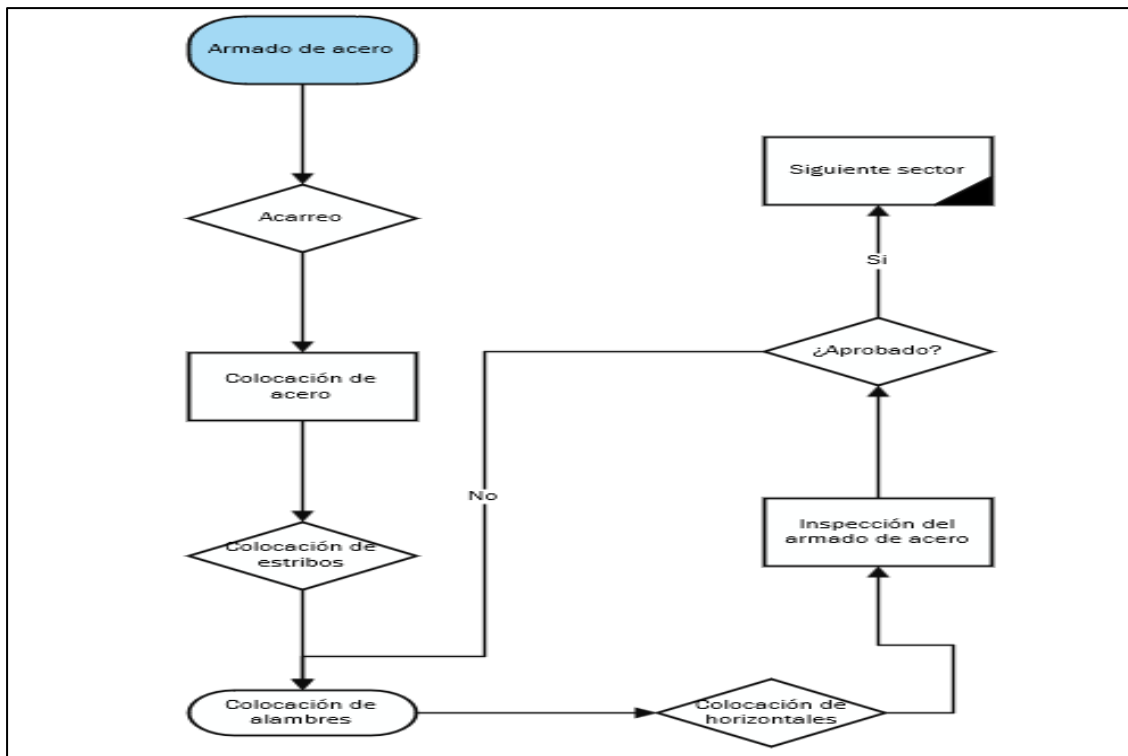
Flujo de trabajo para vaciado



Nota. Elaboración propia

Figura 17

Flujo de trabajo para habilitación y colocación de acero



Nota. Elaboración propia

La productividad de cada obrero fue registrada mediante observación y evaluación de los procesos de cada partida a realizar, la Tabla 16 nos da un alcance del porcentaje de los tiempos que han abarcado los trabajos de vaciado de concreto y la productividad efectiva de cada uno de los obreros involucrados.

Tabla 16

Porcentaje de productividad de la partida de vaciado de concreto

		Productividad/obrero											
Tipo	Trab.	Obrero 1		Obrero 2		Obrero 3		Obrero 4		Obrero 5		Obrero 6	
		T(min)	%	T(min)	%	T(min)	%	T(min)	%	T(min)	%	T(min)	%
TP	VCT	95	67.9%	0	7.1%	6	40.0%	30	32.1%	0	0.0%	30	25.0%
	ACP	0		10		50		15		0		5	
TC	VC	0		80		4		0		0		0	
	AMC	12		10		10		0		55		60	
	CCT	0	8.6%	0	71.4%	10	27.9%	5	21.4%	15	67.9%	5	46.4%
	IRD	0		0		0		25		25		0	
	JCB	0		10		15		0		0		0	
TNC	LLM	30		15		20		20		20		20	
	VJ	0	23.6%	5	21.4%	5	32.1%	40	46.4%	15	32.1%	15	28.6%
	T	3		10		20		5		5		5	
	N	0		0		0		0		5		0	
Total =		140	100%	140	100%	140	100%	140	100%	140	100%	140	100%

Nota. Elaboración propia

5.2.6. Just in time

El Just in time o justo a tiempo, nos permitirá gestionar los inventarios del proyecto y a su vez, facilitar la identificación de los factores causales por los sistemas biofísicos y socioeconómicos del proyecto. De esta manera, se podrá medir los impactos ambientales que generan cada uno de los procesos a realizarse en las fases de desmontaje, demolición y eliminación.

Se propone un árbol de factores el cual se visualiza en la Tabla 17, estos factores nos apoyaran a realizar la matriz de Leopold.

Tabla 17*Árbol de factores*

Sistema	Medio	Elemento	Factor
Biofísico	Abiótico	Aire	Partículas, gases y nivel de emisiones
		Agua	Calidad de agua superficial y subterránea
		Suelo	Residuos sólidos y susceptibilidad a la erosión
	Perceptual	Paisaje	Vibraciones y niveles sonoros
Socio-económico	Territorial	Red vial	Transporte, tráfico y riesgo de accidentes
		Uso de suelo	Ocupación para construcción

Nota. Elaboración propia

A continuación, presentamos una lista de revisión, la cual nos dará una previa evaluación de los factores ambientales involucrados en nuestra obra y el nivel de implicancia que tendrán. Lo antes mencionado se visualiza en la Figura 18.

Figura 18*Lista de revisión*

Factor	Carácter		Duración		En el tiempo		Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Nivel/Juicio
	Positivo	Negativo	Temporal	Permanente	Corto	Largo					
Material particular		X		X	X		X		X		Bajo
Gases y nivel de emisión		X		X	X		X		X		Bajo
Calidad de agua		X		X	X		X		X		Severo
Residuos sólidos		X		X	X		X		X		Severo
Susceptibilidad erosiva		X		X		X		X		X	Moderado
Vibraciones		X		X	X			X	X		Bajo
Niveles sonoros		X		X	X			X	X		Bajo
Transporte		X		X	X		X		X		Bajo
Trafico		X	X				X		X		Bajo
Accidentes		X	X			X		X	X		Moderado
Ocup. para construir		X		X		X		X	X		Bajo

Nota. Elaboración propia

Se presentan cuatro criterios de medición con impacto inmediato o como consecuencia posterior a algún cambio ocasionado. Lo antes mencionado se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18*Criterios de medición*

Impacto negativo directo	D
Impacto negativo indirecto	I
Impacto positivo directo	D
Impacto positivo indirecto	I

Nota. Elaboración propia

Finalmente, se realiza la matriz de Leopold el cual se visualiza en la Figura 19, contemplando una medición entre los sistemas ambientales con sus respectivos factores y las partidas del casco estructural de los sectores B y C.

Figura 19

Matriz de Leopold-Proyecto San Juan Bautista

MATRIZ DE LEOPOLD-PROYECTO SAN JUAN BAUTISTA																															
FACTORES AMBIENTALES / SUB ACTIVIDADES DEL PROYECTO				ETAPAS DE PROYECTO																											
				MOVIM. DE TIERRAS			CONCRETO SIMPLE				CONCRETO ARMADO																				
				EXCAVACION MASIVA	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO C/EQUIPO	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO C/EQUIPO	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO DM=10 km	SOLADO DE CONCRETO 1:12 E=0.10	CONCRETO EN CIMENTACIONES f _c =175 kg/cm ² + 2.5% P.M.	CONCRETO HECHO EN OBRA PARA SOBRECIMENTOS f' c=210 kg/cm ²	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO SOBRECIMENTOS	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO ZAPATAS	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm ² ZAPATAS	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION f _c =210 kg/cm ²	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACION	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm ² VIGAS DE CIMENTACION	CONCRETO EN COLUMNAS Y PLACAS f _c =210 kg/cm ²	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO COLUMNAS Y PLACAS	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm ² COLUMNAS Y PLACAS	CONCRETO DE VIGAS Fc=210 kg/cm ²	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGAS	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm ² VIGAS	CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS f _c =210 kg/cm ²	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSAS ALIGERADAS	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm ² LOSAS ALIGERADAS	LADRILLO HUECO DE ARCILLA (.30x.30x.15 cm) PARA TECHO ALIGERADO kg/cm ²	CONCRETO PARA ESCALERAS f' c=210 kg/cm ²	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO ESCALERAS	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm ² ESCALERAS		
CÓDIGO	COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL																												
BF001	BIOFISICO	AIRE	MATERIAL PARTICULAR																												D
BF002			GASES Y NIVEL DE EMISIÓN	D		D	D						D	D			D	D	D		D	D			D	D				D	
BF003		AGUA	CALIDAD DE AGUA SUPERFICIALES					D	D											D											D
BF004			CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	D		D															D										
BF005		SUELO	RESIDUOS SOLIDOS	D	D	D			D	D	D	D		D	D	D				D					D	D					
BF006			SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN																												
BF007		PERCEPTUAL	VIBRACIONES		D	D									D						D									D	
BF008			NIVELES SONOROS						D	D				I	D		I	D	D	I	D	D	I	D	D	I	D	D	I		D
SE001	SOCIO/ECONOMICO	TERRITORIAL	TRANSPORTE	I			I					I	I			I	I		I	I			I	I			I				
SE002			TRAFICO	I			I							I			I			I				I							
SE003			RIESGO DE ACCIDENTES	D					D	D				D	D		D	D		D	D		D	D		D	D		D		D
SE004			OCUPACIÓN PARA CONSTRUCCIÓN				D									D					D					D					

Nota. Elaboración propia

En la Figura 20 se puede visualizar la interacción porcentual entre los factores ambientales y los impactos directos e indirectos que se presencian en nuestro proyecto.

Figura 20

Interacción de impactos ambientales directos e indirectos

FACTORES AMBIENTALES / TIPO DE IMPACTO				Directo negativo	Directo positivo	Indirecto negativo	Indirecto positivo
CÓDIGO	COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL				
BF001	BIOFISICO	AIRE	MATERIAL PARTICULAR	4%	0%	0%	0%
BF002			GASES Y NIVEL DE EMISIÓN	54%	0%	0%	0%
BF003		AGUA	CALIDAD DE AGUA SUPERFICIALES	27%	0%	0%	0%
BF004			CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	8%	0%	0%	0%
BF005		SUELO	RESIDUOS SOLIDOS	54%	0%	0%	0%
BF006			SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN	0%	0%	0%	0%
BF007		PERCEPTUAL	VIBRACIONES	31%	0%	0%	0%
BF008			NIVELES SONOROS	38%	0%	23%	0%
SE001	SOCIO/ECONOMICO	TERRITORIAL	TRANSPORTE	0%	0%	0%	46%
SE002			TRAFICO	0%	0%	15%	4%
SE003			RIESGO DE ACCIDENTES	54%	0%	0%	0%
SE004			OCUPACIÓN PARA CONSTRUCCIÓN	15%	4%	0%	0%

Nota. Elaboración propia

5.2. Análisis de resultados

A partir de la sectorización y tren de actividades planteados para los sectores B y C del proyecto “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista”, se analiza cómo influye en el tiempo de ejecución y de qué manera difiere el cronograma general con los sectores trabajados a partir del tren de actividades.

Se observa en la Figura 21 que, la especialidad de estructuras tiene un plazo general de 30 días hábiles y al realizar la aplicación de la sectorización y tren de actividades la duración total de los sectores B y C fue de 23 días hábiles. Lo cual es el primer indicativo de un aumento en la productividad, obteniendo un buffer (amortiguador) de 7 días y en horas de trabajo serian 64 horas, debido al culminó anticipado de los trabajos tenemos cuadrillas liberadas para enviar a realizar otras labores y/o el siguiente sector.

Figura 21

Cronograma de obra de la especialidad de Estructuras

Sectores "B" y "C"	Mes 3				Mes 4	
	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13
CRONOGRAMA GENERAL	[Barra amarilla continua]					
Sector B	[Barra azul]					
Sector C		[Barra verde]				
					← BUFFER →	

Nota. Elaboración propia

Se observa en la Tabla 19 que, la valorización final del proyecto tiene una diferencia de S/.308,792.84 a favor de la empresa contratista, en temas porcentuales se puede entender que con el 95.89% del costo total del proyecto se pudo ejecutar todas las partidas hasta su culminó, dejando un margen de 4.11% como utilidad para la empresa.

Tabla 19

Valorización final del proyecto

MES	Val. Mensual		% Avan. Mensual		Val. Mensual Acumulado		% Val. Mensual Acumulado	
	Progr. (incl. IGV)	Eject. (incl. IGV)	Progr. -	Eject. -	Progr. (incl. IGV)	Eject. (incl. IGV)	Progr. . (1)	Eject. . (2)
Jun.	S/ 34,299.82	S/ 228,462.04	0.46%	3.05%	S/ 34,299.82	S/ 228,462.04	0.46%	3.05%
Jul.	S/ 211,317.70	S/ 230,531.87	2.82%	3.08%	S/ 245,617.52	S/ 458,993.91	3.28%	6.13%
Ago.	S/ 443,917.78	S/ 507,675.11	5.92%	6.78%	S/ 689,535.30	S/ 966,669.02	9.20%	12.91%
Set.	S/ 919,048.54	S/ 953,113.49	12.27%	12.72%	S/ 1,608,583.84	S/ 1,919,782.51	21.47%	25.63%
Oct.	S/ 1,099,894.92	S/ 834,318.69	14.68%	11.14%	S/ 2,708,478.76	S/ 2,754,101.20	36.15%	36.77%
Nov.	S/ 1,822,642.68	S/ 1,516,538.55	24.32%	20.24%	S/ 4,531,121.44	S/ 4,270,639.75	60.47%	57.01%
Dic.	S/ 1,121,368.46	S/ 2,064,951.94	14.97%	27.56%	S/ 5,652,489.90	S/ 6,335,591.69	75.44%	84.57%
Ene.	S/ 195,975.34	S/ 108,223.30	2.62%	1.44%	S/ 5,848,465.24	S/ 6,443,814.99	78.06%	86.01%
Feb.	S/ 291,053.37	S/ 52,242.51	3.88%	0.70%	S/ 6,139,518.61	S/ 6,496,057.50	81.94%	86.71%
Mar.	S/ 348,764.85	S/ 147,718.64	4.66%	1.97%	S/ 6,488,283.46	S/ 6,643,776.14	86.60%	88.68%
Abr.	S/ 1,004,323.50	S/ 540,037.98	13.40%	7.21%	S/ 7,492,606.96	S/ 7,183,814.12	100.00%	95.89%
Total=	S/ 7,492,606.96	S/ 7,183,814.13	100.00%	95.89%				

Comentario: Valorización del último mes de trabajo difiere en S/ 308,792.84.

Nota. Elaboración Propia

Se observa en la Tabla 20 que, el presupuesto real de la especialidad de estructura para los sectores B y C se reduce de S/. 512,010.81 a S/.468,592.29, teniendo un ahorro o ganancia de 8.48% y una eficacia o logro de objetivos del 91.52%.

Tabla 20

Sub presupuesto de estructuras para sectores B y C

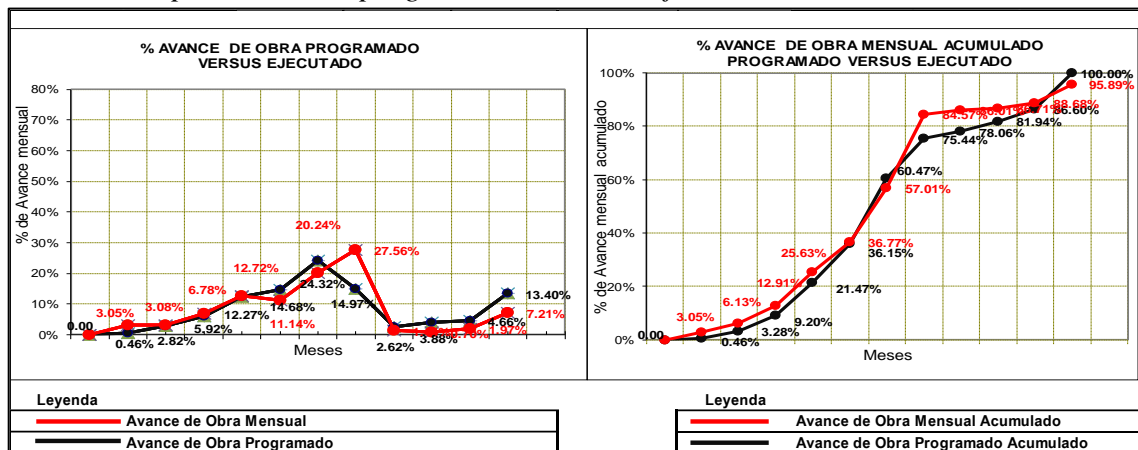
Presupuesto	Contrac. (S/.)	Real (S/.)	Diferencia (S/.)	Ahorro (%)	Eficacia (%)
Estructuras	S/ 512,010.81	S/ 468,592.29	S/ 43,418.52	8.48%	91.52%

Nota. Elaboración propia

En la Figura 22 se visualiza que, el mes 8 (enero, 2022) fue el de mayor desembolso de dinero comparado a la valorización programada y teniendo un índice de rendimiento del cronograma (SPI) de 1.10, entendiéndose por ello que, la productividad en temas de costos aumento en un 10% por tal motivo se valorizo más en materiales, proveedores y mano de obra. Finalizando el proyecto en el mes 11 (abril, 2022) con un desembolso valorizado en el 95.89% del costo total del proyecto.

Figura 22

Curva S comparativo de lo programado versus lo ejecutado



Nota. Elaboración propia

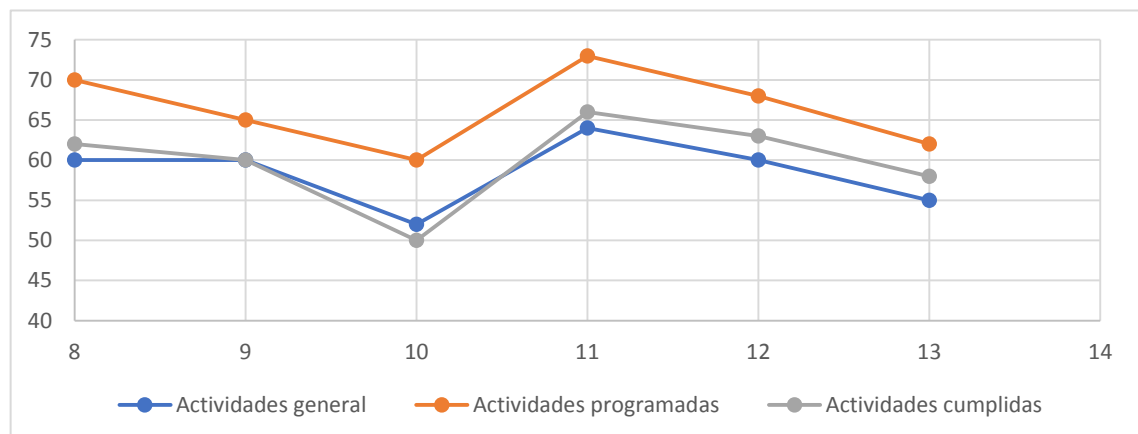
La programación semanal se cuantifico a partir de las actividades contractuales, programadas y ejecutadas del proyecto. Se observa en la Tabla 21 que, el porcentaje de plan cumplido por la ejecución del proyecto “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista” fue en aumento transcurriendo las semanas de aplicación de la filosofía Lean Construction como se puede evidenciar empezó en la semana 8 y 9 con un promedio del 90.44% de cumplimiento programado, la semana 10 hubo un declive teniendo un 83.33% por motivos de falta de coordinación con el área de logística y la demora de la llegada del concreto premezclado, cerrando la semana con el más bajo cumplimiento, se programó tener un mayor cuidado las semanas siguientes con las restricciones antes mencionadas obteniendo un aumento la semana 11 con un 90.41% y cerrando las semanas 12 y 13 con un promedio mayor al 92.00%.

Tabla 21*Porcentaje de plan cumplido*

Fecha/Semana	Act. General	Act. Programadas	Act. Cumplidas	Act. Incump.	%PPC(G)	%PPC
Semana 8	60	70	62	8	103.33%	88.57%
Semana 9	60	65	60	5	100.00%	92.31%
Semana 10	52	60	50	10	96.15%	83.33%
Semana 11	64	73	66	7	103.13%	90.41%
Semana 12	60	68	63	5	105.00%	92.65%
Semana 13	55	62	58	4	105.45%	93.55%

Nota. Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 23, las actividades del plan general de la obra en las seis semanas de trabajo se mantienen por debajo de las actividades programadas, por el motivo de que, al aplicar la filosofía Lean Construction e implementando las herramientas del Last Planner System, se espera un mayor cumplimiento y se programa actividades que por experiencia del Ingeniero y avances de la misma obra se pueden llegar a realizar. Teniendo en conocimiento lo antes mencionado y verificándolo en la gráfica, las actividades cumplidas van en crecimiento progresivamente mediante se va implementando los lineamientos de la filosofía Lean Construction, culminando la semana 13 con 76 actividades cumplidas superando las 71 actividades programadas mejorando los incumplimientos relacionados con la logística, subcontratas, trabajos propios de la obra, entre otros.

Figura 23*Comparativa del cumplimiento de actividades*

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 22 se puede apreciar la eficiencia que tuvo la aplicación de la filosofía Lean Construction por medio de la Carta balance, dando un indicativo en horas de los tiempos

productivos, contributorios y no contributorios, de las 6 semanas analizadas en esta investigación. Las cuales se observa una reducción en los tiempos no contributorios y contributorios de un 32.00% a un 18.89% y de un 41.00% a un 25.24% respectivamente, por consecuencia de esa reducción los tiempos productivos aumentaron de un 27.00% a un 55.87%, dando un mayor flujo de trabajo y teniendo un control de las labores que realiza cada obrero.

Tabla 22

Eficiencia en la aplicación de la carta balance

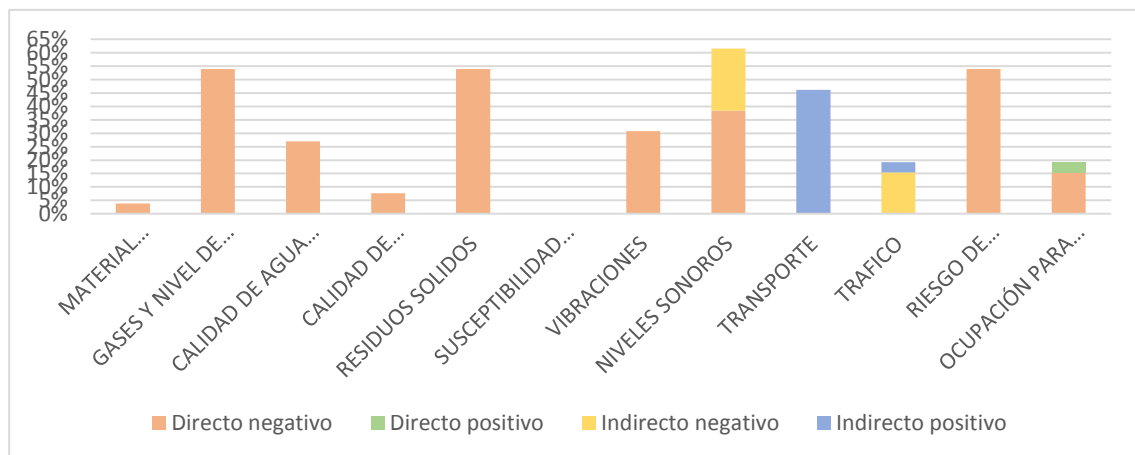
	Eficiencia antes de aplicar LC				Eficiencia después de aplicar LC			
	T.P.	T.C.	T.N.C.	Total	T.P.	T.C.	T.N.C.	Total
Tiempo	77.76	118.08	92.16	288.00	160.90	72.69	54.41	288.00
Eficiencia (%)	27.00%	41.00%	32.00%	100.00%	55.87%	25.24%	18.89%	100.00%

Nota. Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 24, los impactos directos e indirectos negativos con mayores implicancias por cada proceso o partida de nuestro proyecto son en un 54.00% por gases y niveles de emisión, en un 27.00% por la calidad de agua superficial, en un 54.00% por los residuos sólidos, en un 31.00% por vibraciones, en un 38.00% por niveles sonoros y en un 54.00% por riesgo de accidentes; mientras que en los impactos directos e indirectos positivos son en un 46.00% por transporte. Teniendo en el sistema biofísico un promedio de impacto negativo del 25.38% y de impacto positivo del 0.00%, y en el sistema socioeconómico un promedio de impacto negativo del 16.92% y de impacto positivo del 17.95%.

Figura 24

Impactos directos e indirectos en el medio ambiente



Nota. Elaboración propia

5.3. Contrastación de hipótesis

Al haber realizado la implementación de la filosofía Lean Construction en el proyecto “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista”, se presenta la comprobación de las hipótesis planteadas.

5.3.1. Hipótesis general

Hipótesis Alterna (Hi): Al aplicar la filosofía Lean Construction, influye de manera significativa en la optimización de procesos y recursos del proyecto de una institución educativa.

Hipótesis Nula (Ho): Al aplicar la filosofía Lean Construction, no influye de manera significativa en la optimización de procesos y recursos del proyecto de una institución educativa.

De acuerdo a lo obtenido al aplicar la filosofía Lean Construction en el proyecto, se pudo verificar que mediante una correcta planificación y supervisión de la obra reduce los desperdicios, mejorando los flujos del trabajo para un mejor procesamiento de las partidas a realizar y a su vez, controlando los recursos sean mano de obra, equipos, herramientas, subcontratas, proveedores, etc.

Por tal motivo, es que se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

5.3.2. Hipótesis específica 1

Hipótesis Alterna (Hi1): Al aplicar Last Planner System, influye de manera significativa en el costo del proyecto de una institución educativa.

Hipótesis Nula (Ho1): Al aplicar Last Planner System, no influye de manera significativa en el costo del proyecto de una institución educativa.

De acuerdo a lo obtenido por la aplicación del Last Planner System (Sistema del último planificador), se redujo en un 8.48% los costos de la muestra de nuestro proyecto.

Por tal motivo, es que se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

5.3.3. Hipótesis específica 2

Hipótesis Alterna (Hi2): Al aplicar sectorización con capacidad y demanda balanceada, influye de manera significativa en el tiempo de ejecución del proyecto de una institución educativa.

Hipótesis Nula (Ho2): Al aplicar sectorización con capacidad y demanda balanceada, no influye de manera significativa en el tiempo de ejecución del proyecto de una institución educativa.

De acuerdo a lo obtenido por la aplicación de la sectorización con capacidad y demanda balanceada, se tuvo una reducción de 7 días hábiles comparado con la planificación maestra del proyecto.

Por tal motivo, es que se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

5.3.4. Hipótesis específica 3

Hipótesis Alterna (Hi3): Al aplicar Look Ahead, influye de manera significativa en el porcentaje de planificación cumplida del proyecto de una institución educativa.

Hipótesis Nula (Ho3): Al aplicar Look Ahead, no influye de manera significativa en el porcentaje de planificación cumplida del proyecto de una institución educativa.

De acuerdo a lo obtenido por la aplicación del Look Ahead, se aumentó el porcentaje de planificación cumplida del proyecto de un 88.57% a un 93.55%.

Por tal motivo, es que se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

5.3.5. Hipótesis específica 4

Hipótesis Alterna (Hi4): Al aplicar Carta Balance, influye de manera significativa en la productividad del proyecto de una institución educativa.

Hipótesis Nula (Ho4): Al aplicar Carta Balance, no influye de manera significativa en la productividad del proyecto de una institución educativa.

De acuerdo a lo obtenido por la aplicación de la Carta Balance, se redujo los tiempos no contributivos y contributivos, y se aumentó los tiempos productivos de un 27.00% a un 55.87%.

Por tal motivo, es que se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

5.3.6. Hipótesis específica 5

Hipótesis Alterna (Hi5): Al aplicar Just in time, influye de manera significativa en el impacto ambiental del proyecto de una institución educativa.

Hipótesis Nula (Ho5): Al aplicar Just in time, no influye de manera significativa en el impacto ambiental del proyecto de una institución educativa.

De acuerdo a lo obtenido por la aplicación de Just in time, se redujo los impactos ambientales directos e indirectos negativos dando como resultado en el sistema biofísico un valor de 25.38% y en el sistema socioeconómico un valor de 25.38%

Por tal motivo, es que se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

En este apartado se discutirá los hallazgos más importantes de las tesis y artículos científicos revisados y citados en nuestros antecedentes internacionales y nacionales, comparándola con los resultados obtenidos en la presente tesis. Los temas tratados se basarán en la optimización al aplicar la filosofía Construcción sin pérdidas (Lean Construction) en la ejecución de un colegio.

En relación a la reducción de costos de un proyecto, observamos que a nivel internacional el autor Lobaton (2020) en la ejecución de la obra del colegio Teodoro Aya redujo sus costos hasta un 10.00% y del colegio Ebenecer a un 9.00%, los autores Martínez et al. (2019) pudieron reducir en costos del equipo de encofrado en un 20.00%. Finalmente, la presente investigación pudo obtener una disminución del presupuesto de estructuras de los sectores B y C en un 8.48% y una reducción total del proyecto en un 4.11%.

En concordancia con los tiempos de ejecución de un proyecto, a nivel internacional los autores Del Toro et al. (2019) pudieron optimizar el tiempo de construcción de 14 semanas contractuales a 11 semanas reales de trabajo, a nivel nacional el autor Gabonal (2020) pudo reducir en 10 días el tiempo de construcción del casco estructural de los bloques 4 y 5, teniendo una fecha programada de culminó el día 29/09/2017 y la fecha real fue el 13/09/2017. Finalmente, la presente investigación pudo reducir el tiempo de ejecución para los trabajos de la especialidad de estructuras en los sectores B y C de 6 semanas programadas a 5 semanas reales de trabajo.

Para esta investigación, el porcentaje de planificación cumplida fue en mejoría transcurriendo las semanas, obteniendo un valor inicial en la semana 8 de 88.40% y en la semana 13 de un 93.55%, con un promedio total de 90.14% de PPC. A nivel nacional los autores Huapaya y Torres (2021) obtuvieron un porcentaje de plan cumplido del 87%, lo cual a mérito propio indican que un valor mayor a 80.00% de PPC es un valor confiable en tema de cumplimiento semanal.

En relación a la productividad, se cuantifico a partir del control de los tiempos laborales de cada trabajador, a nivel internacional los autores Del Toro et al. (2019) obtuvieron en promedio un TP del 43.00%, un TC del 25.00% y un TNC de 32.00%, a nivel nacional los autores Díaz y Otiniano (2019) obtuvieron un TP del 24.14%, un TC del 41.60% y un TNC de 32.40%, los autores Huapaya y Torres (2021) obtuvieron en promedio un TP del 36.00%, un TC del 52.00% y un TNC de 12.00%. Finalmente, la presente investigación

pudo obtener en promedio un TP de 55.87%, un TC de 25.24% y un TNC con un valor del 18.89%.

En relación con el impacto ambiental, se cuantificó a partir de la aplicación de Just in time e ilustrado en la matriz de Leopold, a nivel internacional Valenzuela (2018) obtuvo una reducción del 50% en el impacto ocasionado por los residuos sólidos de la construcción con el uso de elementos prefabricados y encofrado metálicos en casos necesarios de vaciado de concreto, a nivel nacional Clemente y Luyo (2020) obtuvieron como resultado un impacto negativo en el sistema biofísico del 27.31% y en el sistema socioeconómico de 11.00%. Finalmente, la presente investigación obtuvo en promedio de impacto negativo en el sistema biofísico del 25.38% y en el sistema socioeconómico del 16.92%.

Todos los resultados antes mencionados son hasta cierto punto semejantes a lo obtenido en la presente investigación, podemos recalcar que cada proyecto es único, pero en todos los casos la aplicación de la filosofía Construcción sin pérdidas optimizó los tiempos y costos de la obra, aumentando la productividad, obteniendo un mejor control en los flujos de trabajo y reduciendo el impacto ambiental ocasionado por las actividades ejecutadas. El autor Lobaton (2020) menciona que, lo que pretende la actual aplicación de LC es una continua mejora y culminar los proyectos con mayor eficiencia creando una cultura dentro de la organización de retroalimentación, de esta manera cada vez que se inicie una nueva obra se tendrá en cuenta que aspectos nos produjeron pérdidas o atrasos para así planear una estrategia y mitigar el daño al proyecto.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que, al aplicar Last Planner System en el proyecto “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista”, se pudo reducir el presupuesto de la especialidad de estructuras para los sectores B y C en un 8.48% lo que equivale a un monto monetario de S/. 43,418.52. La reducción del presupuesto va referido al casco estructural de los sectores ya antes mencionados, con las tres fases establecidas de cimentaciones, elementos verticales y elementos horizontales, los cuales mediante la aplicación del LPS pudo mejorar la variabilidad en la obra de construcción por medio del grupo de responsables de la planificación operativa, viéndose reflejado dicha mejora en el presupuesto el cual inicialmente era de S/. 512,010.81 y el que termino siendo fue de S/. 468,592.29, este último presupuesto refleja lo que realmente se utilizó en los procesos constructivos y en recursos.
2. La sectorización con capacidad y demanda balanceada planteada en el proyecto “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista”, optimizo el tiempo de ejecución de los trabajos de la especialidad de estructuras de los sectores B y C de 30 días programados en el cronograma general a 23 días reales ejecutados, esta reducción fue posible por la aplicación del tren de actividades diseñado para los sectores balanceados en cargas similares. El tiempo reducido fue de 7 días hábiles lo cual acumula 64 horas de amortiguamiento para enviar las cuadrillas liberadas a realizar alguna labor pendiente o enviar al siguiente sector para seguir con un proceso continuo y eficaz.
3. El método Look Ahead mediante la planificación intermedia y semanal mejoro progresivamente el porcentaje de plan cumplido, obteniendo en la semana 8 un 88.57% y finalizando la semana 13 con un 93.55%. El aumento del flujo de trabajo se dio por la exploración minuciosa de las actividades del plan general identificando las labores a realizar y sus posibles restricciones, continuamente se aumentó el nivel de detalle hasta tener una supervisión semanal de los trabajos, los cuales se cuantifico por el índice de producción que en promedio de las seis semanas evaluadas tuvo un valor de 90.14% de PPC.
4. La aplicación de la carta balance en el proyecto “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista”, evidencio que los tiempos no contributorios redujeron de un 32.00% a un 18.89%, los tiempos contributorios también fueron reducidos de un 41.00% a un 25.24%, por consecuente el tiempo

productivo aumento de manera significativa de un 27.00% a un 55.87%. Concluyendo que, a partir del control a detalle de la producción constructiva y del personal involucrado por medio de la carta balance aumento la productividad y redujo los tiempos de apoyo y los tiempos muertos que no son de aporte a alguna actividad.

5. Mediante la aplicación de Just in time y con el apoyo de la matriz de Leopold, se logró reducir el impacto ambiental generado por el proyecto “Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista”, llegando obtener en promedio un impacto negativo para el sistema biofísico de 25.38% y en el sistema socioeconómico de 16.92%, estos dos componentes mantienen un nivel bajo en relación con la cantidad de actividades con las que están involucradas. Esta reducción fue posible por el control de la demanda de obra requerida, implicando procesos industriales para actividades en específico como lo fueron el vaciado de concreto, elementos prefabricados y encofrados metálicos modulados, de esta manera disminuyo los residuos sólidos de obra, y a su vez indirectamente el riesgo de accidentes y la ocupación de área en la construcción.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda capacitación constante de la filosofía Lean Construction tanto al personal profesional como el personal obrero, de esta manera se tendrá una vista más amplia de cómo aplicar este sistema de gestión de obra y como administrarlo.
2. Se recomienda el uso de la metodología BIM para complementar la filosofía Lean Construction, creando un modelo de construcción digital que, durante las fases de diseño y desarrollo, se pueda compatibilizar los planos, extraer y cuantificar los metrados de cada sector y obtener un mayor flujo de planificación involucrando a todos los especialistas de la obra.
3. Se recomienda hacer uso del Look Ahead en proyectos tanto de pequeña, mediana y gran envergadura, de esta manera se puede tener coordinación de diseño (planos), recursos humanos (personal obrero), proveedores (materiales y equipos) y plazos de actividades (cronograma).
4. Se recomienda el uso de la Carta Balance como control de procesos, teniendo un mayor énfasis en transformar una partida en un flujo de actividades y conocer el personal obrero que realizara dicha labor.
5. Se recomienda implementar en los proyectos de construcción sistemas de gestión que integren la sostenibilidad y que midan los alcances medioambientales. De esta manera podrán reducir la intervención urbana (ruido, tiempo de uso de maquinaria pesada, polvo, etc.) y controlar la afectación del suelo por la generación de desechos sólidos no peligrosos y peligrosos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, R. (2018). *Consecuencias medioambientales de la construcción de Carreteras pachilanga – Pomabamba, respecto a lo declarado en el estudio de impacto ambiental*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1998>
- Alarcón, L., Pellicer, E. & Rodríguez, A. (2011). La perspectiva definitiva del planificador en la gestión de la construcción. *Revista de obras públicas*, 3518, 1–9. <https://www.researchgate.net/publication/318682002>
- Álvarez, M. & Botero, L. (2005). Último planificador, un gran avance en la planificación y el control de proyectos de construcción: estudio de caso de Medellín. *Ingeniería y desarrollo*, 17, 148-159.
- Andrade, M. & Arrieta, B. (2011). Último planificador en una subcontrata de construcción. *Revista de la Construcción*, 10(1), 36-52. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127620972005>
- Awad, T., Guardiola, J., & Fraíz, D. (2021). Lean Construction Improves Productivity in Sustainable Construction. *Sustainability*, 13(24), 1-24. <https://doi.org/10.3390/su132413877>
- Bartolón, J. (2020). *Filosofía Lean Construction y su impacto en la implementación en el desarrollo de proyectos de edificación*. [Tesis de Postgrado, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México – México]. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/17279>
- Bertelsen, S. (2004). Where are we with lean construction and how should we proceed? *Lean Construction Journal*, 1, 46-69.
- Cámara Peruana de la Construcción [CAPECO], (2023). *Mejorar la economía en 2023 dependerá de consolidación del nuevo gobierno*.
- Castillo, C. & Flores, M. (2016). El cuadro de equilibrio se utiliza para optimizar la mano de obra en los edificios multifamiliares (caso: “Cerezos de Surco”) Santiago de Surco-Lima. [Tesis de Pregrado, Universidad de San Martín de Porres, Lima-Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/2636>
- Castro, J. & Pajares, J. (2014). *Propuesta y ejecución de sectorización y trenes de trabajo para acabados interiores en proyectos de construcción de viviendas de gran envergadura utilizando la filosofía Lean Construction*. [Tesis de Pregrado,

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú].
<http://hdl.handle.net/10757/337104>

- Clemente, W. & Luyo, L. (2020). *Métodos de construcción y efectos medioambientales de los proyectos de infraestructuras*. [Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3833>
- De la Vega, H., Palomino, J., Gutiérrez, H., & Salcedo, E. (2018). *Mejora de la productividad implementando el sistema Lean Construction en la ejecución de obras por administración directa de infraestructuras educativas públicas Caso de estudio: I.E. Wiñayhuayna Mariano Santos del distrito de Urcos, provincia de Quispica*. [Tesis de Postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú]. <http://hdl.handle.net/10757/624257>
- Del Toro, H., Pérez, G. & López, A. (2019). Mejora en la construcción por medio de Lean Construction y Building Information Modeling: caso estudio. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*, 7(14), 110-121. <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.010>
- Díaz, J. & Otiniano, L. (2019). *Aplicación de un marco de trabajo ágil en el control de la productividad de ciertos procesos constructivos del Colegio San Idelfonso, Laredo, Trujillo, La Libertad, 2017*. [Tesis de Postgrado, Universidad Privada del Norte, Lima-Perú]. <https://hdl.handle.net/11537/21167>
- Gabonal, F. (2020). *Aplicación de la Filosofía del Lean Construction en la etapa de Planificación de ejecución del Proyecto: Innova School – Sede Cusco, 2019*. [Tesis de Postgrado, Universidad Peruana Los Andes, Huancayo-Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/2812>
- Galindo, J. & Silva, H. (2016). *Consecuencias medioambientales por el uso de maquinarias en la industria de la construcción*. [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá-Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/12566>
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C. & Garmendia, L. (2005). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Pearson Educación.
- González, P. (2019). *Impacto Ambiental en las Actividades Humanas UF0735*. Editorial Tutor Formación.
- Guzmán, A. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*. [Tesis de Pregrado, Pontificia

Universidad Católica del Perú, Lima-Perú].

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/5778>

- Herrera, R. & Jurado, S. (2019). *Metodología del seguimiento efectivo al plazo contractual de proyectos de construcción de edificaciones multifamiliares*. [Tesis de Postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú].
<http://hdl.handle.net/10757/626586>
- Howell, G. (1999). "What is Lean Construction?". *Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-7), Berkeley, California, USA*, (7), 1-10.
- Huapaya, D. & Torres, H. (2021). *Implementación de la metodología Lean Construction y las herramientas de la calidad para mejorar la productividad en la obra de reconstrucción y modernización de la Institución Educativa N°21508 ubicado en el distrito de Imperial - Provincia de Cañete - Departamento de Lima*. [Tesis de Postgrado, Universidad San Martín de Porres, Lima-Perú].
<https://hdl.handle.net/20.500.12727/8713>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], (2022). *Producción nacional- Informe Técnico*. <https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/06-informe-tecnico-produccion-nacional-abr-2022.pdf>
- Koskela, L. (1992). *Construction application of the new production philosophy*. Stanford University, USA.
- Lean Construction Institute (2013). *What is Lean Construction?*.
<http://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-construction/>
- Lobaton, V. (2020). *Implementación de la técnica Lean Construction en la empresa Arquitectura y Construcciones S.A.S. para la eficiencia de los recursos*. [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá – Colombia].
- Luegring, M., Salem, O. & Solomo, J. (2005). Lean Construction practices are being used and evaluated on-site. *Lean Construction Journal*, 2 (1), 1–21.
- Martinez, E., Reid, C. & Tommelein, I. (2019). " A case study in Latin America of lean construction for affordable housing". *Construction Innovation*, 19, 570-593.
<https://doi.org/10.1108/CI-02-2019-0015>
- Morán, G. & Alvarado, D. (2010). *Métodos de investigación*. Pearson Educación de México.

- Orihuela, P. (2011). Lean Construction en el Perú. Corporación Aceros Arequipa. *Construcción Integral*, Vol. 12. 1-4. http://www.motiva.com.pe/articulos/Lean_Construction_Peru.pdf
- Orihuela, P. & Ulloa, K. (2011). Aprovechamiento ajustado de recursos de construcción. Corporación Aceros Arequipa. *Construcción Integral*, Vol. 13(10). 1-4. <https://www.researchgate.net/publication/348648564>
- Patel, A. (2011). *The Last Planner System ensures consistent project delivery*. (Tesis de Postgrado), The University of Texas at Arlington. Arlington, Texas-EE.UU.
- Pérez, J. (2015). *Gestión sostenible de residuos en las actividades de construcción y demolición de edificios*. [Tesis de Postgrado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8643>
- Pons, J. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Fundación Laboral de la Construcción (1era Edición). Depósito Legal: M-6849-2014.
- Pons, J., & Rubio, I. (2019). *Lean Construction y la planificación colaborativa- Metodología Last Planner System*. Consejo General de la Arquitectura técnica de España (CGATE), Valladolid-España.
- Porras, H., Sánchez, O., & Galvis, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *Avances Investigación En Ingeniería*, 11(1), 32–53. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>
- Shuquan, L., Yanqing, F. & Xiuyu W. (2020). A systematic review of lean construction in Mainland China. *Journal of Cleaner Production*, 257, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120581>
- Schimanski, C., Marcher, C., Monizza, G. & Matt, D. (2020). The Last Planner® System and Building Information Modeling in construction execution: From an integrative review to a conceptual model for integration. *Applied Sciences*, 10(3), 1-29. <https://doi.org/10.3390/app10030821>
- Valenzuela, R. (2018). *Evaluación de sistemas de construcción de edificios de mediana altura con elementos prefabricados de hormigón*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Chile, Santiago de Chile – Chile].

ANEXOS

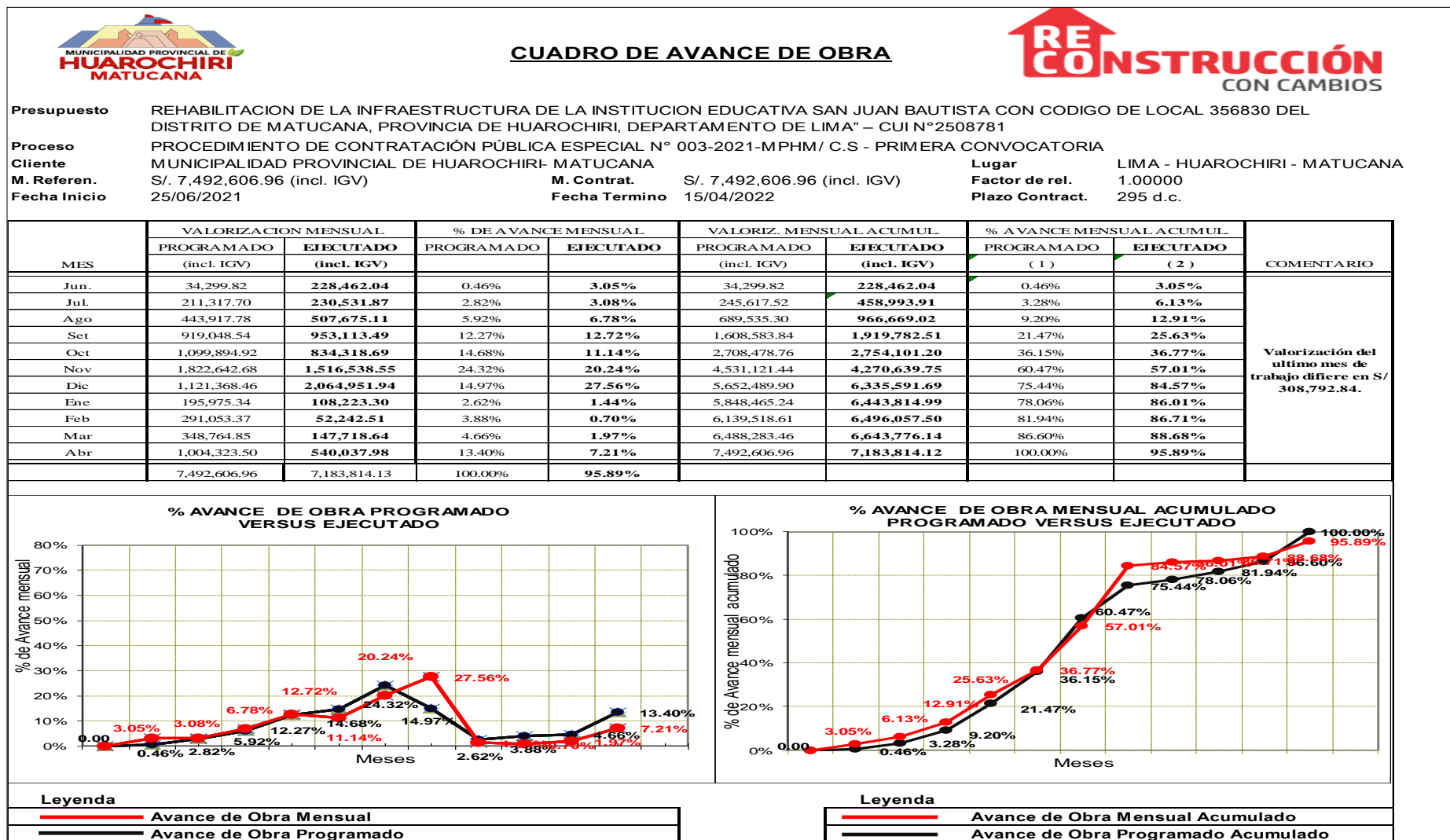
Anexo A. Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable independiente	Variable dependiente	Metodología
¿De qué manera la implementación de la filosofía construcción sin pérdidas influye en la optimización de procesos y recursos del proyecto de una Institución Educativa?	Implementar la filosofía construcción sin pérdidas para la optimización de procesos y recursos del proyecto de una Institución Educativa.	Al implementar la filosofía construcción sin pérdidas optimiza los procesos y recursos del proyecto de una Institución Educativa.	Filosofía construcción sin pérdidas.	Procesos y recursos.	El tipo de investigación es aplicada. El nivel de la investigación reúne las características de una investigación explicativa.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable independiente	Variable dependiente	
¿De qué manera la aplicación del Last Planner System influye en el costo del proyecto de una Institución Educativa?	Aplicar Last Planner System para mejorar el costo del proyecto de una Institución Educativa.	Al aplicar Last Planner System se mejora el costo del proyecto de una Institución Educativa.		Costo	El diseño de la investigación se trata de una investigación experimental
¿De qué manera la aplicación de la sectorización con capacidad y demanda balanceada influye en el tiempo de ejecución del proyecto de una Institución Educativa?	Aplicar la sectorización con capacidad y demanda balanceada para reducir el tiempo de ejecución del proyecto de una Institución Educativa.	Al aplicar la sectorización con capacidad y demanda balanceada se reduce el tiempo de ejecución del proyecto de una Institución Educativa.	Last Planner System Sectorización con capacidad y demanda balanceada	Tiempo de ejecución. Porcentaje de planificación cumplida.	El método de la investigación por sus características es deductivo.
¿De qué manera la aplicación de Look Adead influye en el porcentaje de planificación cumplida del proyecto de una Institución Educativa?	Aplicar Look Adead para incrementar el porcentaje de planificación cumplida del proyecto de una Institución Educativa.	Al aplicar Look Adead se incrementa el porcentaje de planificación cumplida del proyecto de una Institución Educativa.	Look Adead Carta Balance	Productividad Impacto ambiental	
¿De qué manera la aplicación de la Carta Balance influye en la productividad del proyecto de una Institución Educativa?	Aplicar Carta Balance para aumentar la productividad del proyecto de una Institución Educativa.	Al aplicar Carta Balance se aumenta la productividad del proyecto de una Institución Educativa.	Just in Time		
¿De qué manera la aplicación de Just in Time influye en el impacto ambiental del proyecto de una Institución Educativa?	Aplicar Just in Time para reducir el impacto ambiental del proyecto de una Institución Educativa.	Al aplicar Just in Time se reduce el impacto ambiental del proyecto de una Institución Educativa.			

Anexo B. Tren de actividades

Tren de actividades																															
PROYECTO: Rehabilitación de la Infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista																															
FECHA: Oct-21																															
NOTA: Considerar jornada laboral de lunes a viernes-Para pagar semana completa al personal deben completar las 48 horas semanales																															
ETAPA	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	SEMANA 8					SEMANA 9					SEMANA 10					SEMANA 11					SEMANA 12									
		L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V					
		1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	32	33					
CIMENTACION	Excavación	B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1	B2	B2	C2	C2	D2	D2	E2	E2	F2	F2	G2					
	Solado		B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1	B2	B2	C2	C2	D2	D2	E2	E2	F2	F2					
	Acero fy=4200			B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1	B2	B2	C2	C2	D2	D2	E2	E2	F2					
	Encofrado				B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1	B2	B2	C2	C2	D2	D2	E2	E2					
	Concreto Simple					B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1	B2	B2	C2	C2	D2	D2	E2					
	Concreto f'c = 210						B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1	B2	B2	C2	C2	D2	D2					
	Desencofrado							B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1	B2	B2	C2	C2	D2					
ELEMENTOS VERTICALES	Acero fy=4200									B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1	B2	B2	C2	C2				
	Encofrado										B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1	B2	B2	C2				
	Concreto f'c = 210											B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1	B2	B2				
	Desencofrado												B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1	B2				
ELEMENTOS HORIZONTALES	Acero fy=4200															B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1		
	Encofrado																B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1	
	Concreto f'c = 210																	B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1	H1
	Desencofrado																		B1	B1	C1	C1	D1	D1	E1	E1	F1	F1	G1	G1	H1

Anexo C. Cuadro de valorización




Anexo D. Proveedores-Encofrado metálico Unispán

CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ALQUILES DE ENCOFRADOS DE UNISPAN							
CONSORCIO BAUTISTA I							
"Rehabilitación de la infraestructura de la Institución Educativa San Juan Bautista"							
OBRA	FECHA	8/09/2021					
ITEM	DESCRIPCION	CODIGO	CANTIDAD	RECBDO			
1	ALZAPRIMA N°2 CABEZA TEE L/D	ALZA-0006	28.00	71	CANAL 100X50 800MM	CANA-0075	16.00
2	ALZAPRIMA P P 1100MM-1600MM	ALZA-0072	42.00	72	CANAL 100X50 600MM	CANA-0083	16.00
3	CANAL 100X50 300MM	CANA-0016	102.00	73	CANAL 100X50 650MM	CANA-0130	24.00
4	CANAL 100X50 2600MM	CANA-0019	9.00	74	MENSULA PARA CANAL	COMP-0014	14.00
5	CANAL 100X50 1500MM	CANA-0027	187.00	75	JUEGO DE CUÑAS H/D /CABLE	COMP-0191	2310.00
6	CANAL 100X50 1000MM	CANA-0033	76.00	76	GRAMPA B HILO RAPIDO	COMP-1000	70.00
7	CANAL 100X50 1850MM	CANA-0126	10.00	77	GRAMPA C HILO RAPIDO	COMP-1001	366.00
8	CANAL 100X50 2150MM	CANA-0150	12.00	78	ESQUINERO EXTERNO 2400X50X50	EEXT-0005	46.00
9	JUEGO DE CUÑAS H/D /CABLE	COMP-0191	2082.00	79	ESQUINERO EXTERNO 800X50X50	EEXT-0021	92.00
10	GRAMPA B HILO RAPIDO	COMP-1000	150.00	80	ESQUINERO INTERNO 2400X150X150	EINT-0021	10.00
11	GRAMPA C HILO RAPIDO	COMP-1001	358.00	81	ESQUINERO INTERNO 800X150X150	EINT-0051	20.00
12	ESQUINERO EXTERNO 2400X50X50	EEXT-0005	74.00	82	PANEL E/F 2400X350	PANM-0021	21.00
13	ESQUINERO EXTERNO 1200X50X50	EEXT-0017	38.00	83	PANEL E/F 2400X250	PANM-0024	10.00
14	ESQUINERO EXTERNO 900X50X50	EEXT-0020	2.00	84	PANEL E/F 2400X150	PANM-0033	18.00
15	ESQUINERO EXTERNO 800X50X50	EEXT-0021	38.00	85	PANEL E/F 2400X100	PANM-0036	12.00
16	ESQUINERO EXTERNO 900X150X150	EINT-0046	48.00	86	PANEL E/F 1200X200	PANM-0091	20.00
17	GATA BASE	GATA-0001	289.00	87	TIRANTE 12MM 600MM	COMP-0046	65.00
18	GATA CABEZA J	GATA-0005	194.00	88	TUERCA MARIPOSA DE 12MM	COMP-0060	560.00
19	GATA CABEZA U	GATA-0006	126.00	89	TIRANTE 12MM 900MM	COMP-0091	64.00
20	BANDA 50X50	COMP-0002	78.00	90	TIRANTE 12MM 800MM	COMP-0257	16.00
21	PLACA	COMP-0038	78.00	91	TIRANTE 12MM 1100MM	COMP-0275	8.00
22	PANEL E/F 1200X350	PANM-0086	8.00	92	TIRANTE 12MM 550MM	COMP-0306	48.00
23	PANEL E/F 1200X300	PANM-0087	95.00	93	TIRANTE 12MM 1250MM	COMP-0427	4.00
24	PANEL E/F 1200X250	PANM-0089	4.00	94	PANEL E/F 2400X600	PANM-0008	7.00
25	PANEL E/F 1200X200	PANM-0091	121.00	95	PANEL E/F 900X100	PANM-0120	24.00
26	PANEL E/F 900X300	PANM-0116	5.00	96	PANEL E/F 800X600	PANM-0130	14.00
27	PANEL E/F 900X250	PANM-0117	24.00	97	PANEL E/F 800X300	PANM-0136	20.00
28	PANEL E/F 900X200	PANM-0118	28.00	98	PANEL E/F 800X250	PANM-0137	32.00
29	PANEL E/F 900X150	PANM-0119	24.00	99	PANEL E/F 800X200	PANM-0138	20.00
30	PANEL E/F 800X450	PANM-0133	2.00	100	PANEL E/F 800X150	PANM-0139	80.00
31	PANEL E/F 800X300	PANM-0136	10.00	101	PUNTALES UNI 1500MM	PUNT-0004	14.00
32	PANEL E/F 800X250	PANM-0137	5.00	102	TUBO DE ANDAMIO 1000MM	TUBO-0007	4.00
33	PANEL E/F 800X200	PANM-0138	15.00	103	TUBO DE ANDAMIO 500MM	TUBO-0011	8.00
34	PANEL E/F 800X150	PANM-0139	19.00	104	TUBO DE ANDAMIO 1500MM	TUBO-0021	1.00
35	PUNTALES UNI 2500MM	PUNT-0002	168.00	105	TUBO DE ANDAMIO 800MM	TUBO-0033	6.00
36	PUNTALES UNI 2000MM	PUNT-0003	122.00	106	TUBO DE ANDAMIO 600MM	TUBO-0036	4.00
37	PUNTAL UNI A30 1700-3000	PUNT-0026	25.00	107	ALZAPRIMA EXTENSION 4500MM	ALZA-0022	1.00
38	PUNTAL UNI A35 2000-3500	PUNT-0029	8.00	108	ALZAPRIMA EXTENSION 4200MM	ALZA-0028	2.00
39	SOPORTE VOLADIZO 900	SOPV-0001	30.00	109	ALZAPRIMA EXTENSION 4000MM	ALZA-0031	6.00
40	TIRANTE 12MM 450MM	COMP-0049	44.00	110	PASADOR ALZAPRIMA P.PULL	COMP-0035	36.00
41	TUERCA MARIPOSA DE 12MM	COMP-0060	460.00	111	TIRANTE 12MM 750MM	COMP-0092	50.00
42	TIRANTE 12MM 750MM	COMP-0092	124.00	112	TIRANTE 12MM 1200MM	COMP-0262	1.00
43	TIRANTE 12MM 550MM	COMP-0306	62.00	113	TIRANTE 12MM 650MM	COMP-0268	5.00
44	SOPORTE VOLADIZO P/ESC D/CANAL	SOPV-0005	44.00	114	TIRANTE 12MM 1500MM	COMP-0343	7.00
45	TRAVESAÑO UNI 2000MM	TRAV-0006	172.00	115	TIRANTE 12MM 1300MM	COMP-0394	9.00
46	TRAVESAÑO UNI 1500MM	TRAV-0007	233.00	116	TIRANTE 12MM 1350MM	COMP-0440	3.00
47	TRAVESAÑO UNI 1300MM	TRAV-0008	32.00	117	PANEL E/F 1200X250	PANM-0089	12.00
48	TRAVESAÑO UNI 1000MM	TRAV-0011	150.00	118	ALZAPRIMA EXTENSION 4600MM	TRAN-1015	1.00
49	TRAVESAÑO UNI 700MM	TRAV-0014	78.00	119	BOTONES PLASTICOS 12MM	COMP-0006	616.00
50	TUBO DE ANDAMIO 4000MM	TUBO-0003	6.00	120	CONOS PLASTICOS 12MM	COMP-0012	560.00
51	TUBO DE ANDAMIO 3500MM	TUBO-0012	10.00	121	CONectores L/D	COMP-0011	70.00
52	TUBO DE ANDAMIO 3300MM	TUBO-0020	2.00	122	COMPLA GIRATORIA 50X50	COMP-0013	48.00
53	TUBO DE ANDAMIO 1200MM	TUBO-0029	65.00	123	PUNTALES UNI 1500MM	PUNT-0004	20.00
54	VIGA ALUMINIO H150 2300MM	VIAL-0064	222.00	124	PUNTALES UNI 1000MM	PUNT-0005	20.00
55	CANAL 100X50 2500MM	CANA-0020	50.00	125	PUNTALES UNI 500MM	PUNT-0006	20.00
56	CANAL 100X50 3100MM	CANA-0103	1.00	126	TRAVESAÑO UNI 2500MM	TRAV-0005	28.00
57	CANAL 100X50 3150MM	CANA-0104	3.00	127	TRAVESAÑO UNI 2000MM	TRAV-0006	24.00
58	CANAL 100X50 3050MM	CANA-0153	3.00	128	TRAVESAÑO UNI 1500MM	TRAV-0007	34.00
59	GRAMPA B	COMP-0023	45.00	129	TRAVESAÑO UNI 1300MM	TRAV-0008	6.00
60	PASADOR ALZAPRIMA P.PULL	COMP-0035	28.00	130	TRAVESAÑO UNI 1000MM	TRAV-0011	36.00
61	PASADOR PUNTAL A30	COMP-1010	25.00	131	TUBO DE ANDAMIO 2500MM	TUBO-0008	12.00
62	PASADOR PUNTAL A35	COMP-1011	8.00	132	TUBO DE ANDAMIO 3000MM	TUBO-0018	12.00
63	ESQUINERO EXTERNO 750X50X50	EEXT-0031	22.00	133	ESQUINERO EXTERNO 800X50X50	EEXT-0021	17.00
64	ESQUINERO EXTERNO 700X50X50	EEXT-0038	4.00	134	PANEL E/F 1200X200	PANM-0091	25.00
65	BOTONES PLASTICOS 12MM	COMP-0006	515.00	135	PANEL E/F 900X300	PANM-0116	44.00
66	CONOS PLASTICOS	COMP-0012	460.00	136	PANEL E/F 800X100	PANM-0140	22.00
67	ALZAPRIMA PUSH PULL (HEMBRAS)	ALZA-0010	36.00				
68	ALZAPRIMA EXTENSION 4100MM	ALZA-0021	26.00				
69	CANAL 100X50 1000MM	CANA-0033	56.00				
70	CANAL 100X50 1650MM	CANA-0043	40.00				


Anexo F. Análisis de restricciones

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES				18/10/2021	19/10/2021	20/10/2021	21/10/2021	22/10/2021
Descripción de la actividad	Restricción	Fecha	Responsable	Semana 10				
Permiso de vía	Coordinar con la municipalidad local	15/09/2021	Oficina técnica	x				
Trazo	Contar con la cuadrilla necesaria para los frentes	15/09/2021	Administración	x				
ACERO								
Pedido de varillas de acero	Proveedor no cuenta con stock	16/09/2021	Logística		x			
Personal capacitado	No contar con personal capacitado	16/09/2021	Recursos humanos		x			
ANÁLISIS DE RESTRICCIONES				25/10/2021	26/10/2021	27/10/2021	28/10/2021	29/10/2021
Descripción de la actividad	Restricción	Fecha	Responsable	Semana 11				
ENCOFRADO								
Suministro de paneles y accesorios	Que el sub contratista no tenga stock	16/09/2021	Producción		x			
Limpieza y preparación de paneles	No solicitar el pedido de encofrados	16/09/2021	Producción		x			
Liberación de armadura de acero	Incumplir con el diseño de las armaduras	16/09/2021	Calidad				x	
Llenado de ATS y PDT	No estar afiliados, incumplir las normas de seguridad	16/09/2021	Producción y seguridad				x	
ANÁLISIS DE RESTRICCIONES				1/11/2021	2/11/2021	3/11/2021	4/11/2021	5/11/2021
Descripción de la actividad	Restricción	Fecha	Responsable	Semana 12				
VACIADO								
Pedido de concreto premezclado	Falta de programación del pedido de concreto	16/09/2021	Producción y logística	Feriado	x			
Vibrador y reglas	No contar con vibradores y reglas en el almacén	16/09/2021	Producción		x			
Personal de concreto	Las cuadrillas están realizando otras actividades	16/09/2021	Producción					x
Agua para curado	No contar con bombas ni mangueras para el suministro de agua	16/09/2021	Logística					x

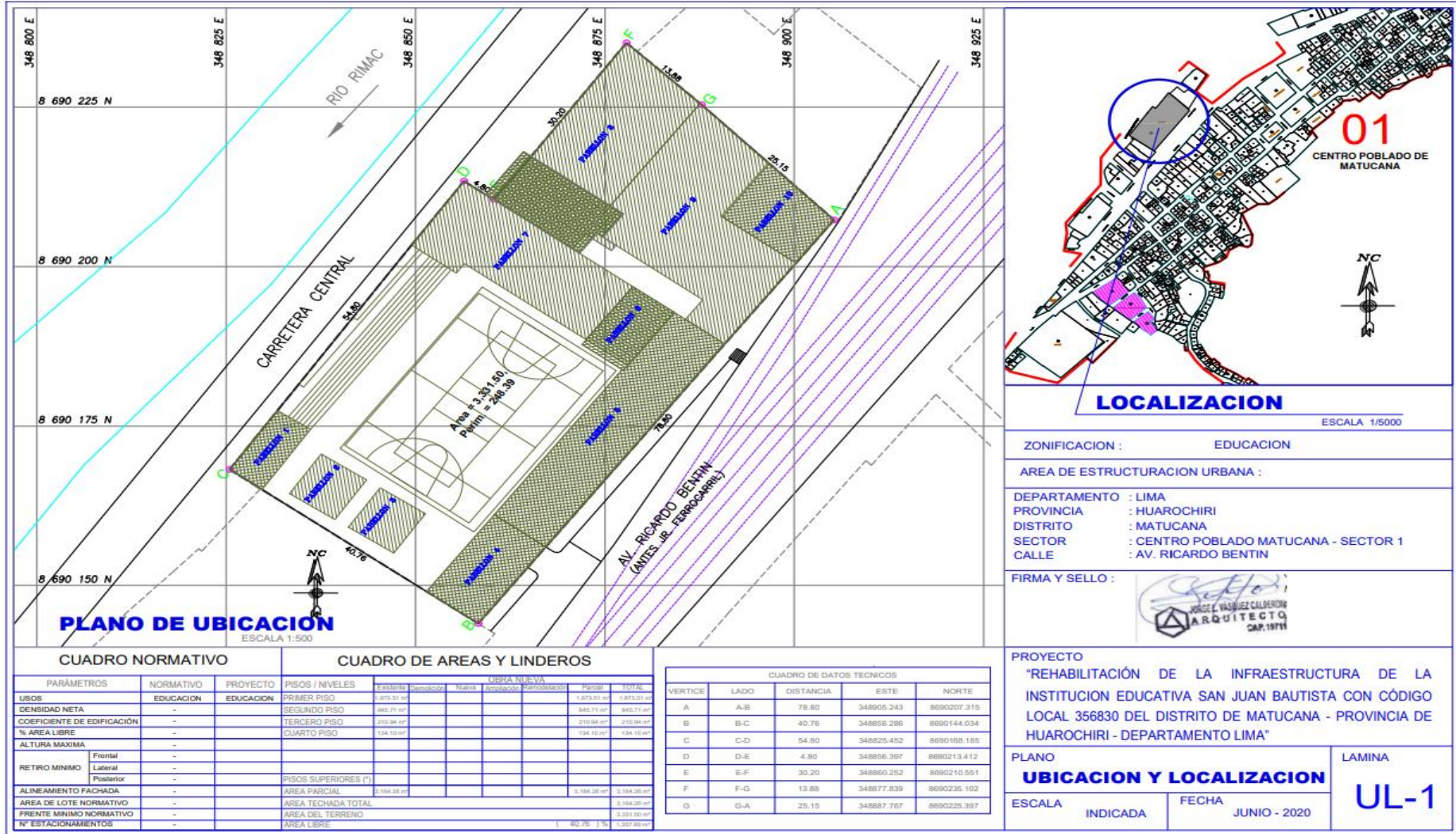
Anexo G. Presupuesto estimado

RESUMEN DE PRESUPUESTO							
 CONSORCIO BAUTISTA I							
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNID.	BLOQUE B	BLOQUE C	TOTAL METRADO	COSTO UNITARIO (S/)	PARCIAL (S/)
02	ESTRUCTURAS						S/ 512,010.81
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS						S/ 18,643.38
02.01.01	EXCAVACION MANUAL	M3	159.40	107.69	267.10	S/ 45.48	S/ 12,147.52
02.01.02	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MAT/PROPIO	M3	30.16	20.38	50.54	S/ 40.24	S/ 2,033.73
02.01.04	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE ACARREADO	M3	168.01	113.51	281.52	S/ 15.85	S/ 4,462.13
02.02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE						S/ 63,057.44
02.02.01	SOLADO						S/ 3,524.33
02.02.01.01	SOLADO DE CONCRETO 1:12 E=0.10	M2	66.14	44.69	110.83	S/ 31.80	S/ 3,524.33
02.02.02	CIMIENTO CORRIDO						S/ 27,676.66
02.02.02.01	CONCRETO CIMIENTO CORRIDO f'c=175 kg/cm2 . C:H: 1:10+30% PG	M3	70.89	47.89	118.78	S/ 233.01	S/ 27,676.66
02.02.03	SOBRECIMIENTO						S/ 18,930.44
02.02.03.01	SOBRECIMENTOS - CONCRETO F'c=210 kg/cm2	M3	12.56	8.49	21.05	S/ 448.26	S/ 9,433.76
02.02.03.02	SOBRECIMENTOS - ENCOF. Y DESENCOFRADO	M2	100.51	67.90	168.41	S/ 56.39	S/ 9,496.67
02.02.04	FALSO PISO						S/ 12,926.02
02.02.04.01	FALSO PISO (E=10CM) CONCRETO F'c=100 KG/CM2	M2	252.35	170.48	422.83	S/ 30.57	S/ 12,926.02
02.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO						S/ 430,309.99
02.03.01	ZAPATAS						S/ 30,320.03
02.03.01.01	ZAPATAS - CONCRETO 210 kg/cm2	M3	36.67	24.77	61.44	S/ 343.64	S/ 21,112.32
02.03.01.02	ZAPATAS - ENCOF. Y DESENCOFRADO	M2	26.89	18.17	45.05	S/ 56.39	S/ 2,540.60
02.03.01.03	ZAPATAS - ACERO Fy=4200 kg/cm2	KG	736.85	497.80	1234.65	S/ 5.40	S/ 6,667.11
02.03.02	VIGA DE CIMENTACION						S/ 45,714.13
02.03.02.01	VC CONCRETO F'c=210 kg/cm2	M3	38.82	26.23	65.05	S/ 367.36	S/ 23,897.24
02.03.02.02	VC - ENCOF. Y DESENCOFRADO	M2	112.73	76.16	188.89	S/ 56.39	S/ 10,651.49
02.03.02.03	VC- ACERO Fy=4,200 kg/cm2	KG	1,234.00	833.67	2067.67	S/ 5.40	S/ 11,165.40
02.03.04	CANALES DE CONCRETO ARMADO EN TECHO						S/ 7,822.50
02.03.04.01	CONCRETO 210 KG/CM ²	M3	4.08	2.76	6.84	S/ 393.92	S/ 2,695.37
02.03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	36.95	24.97	61.92	S/ 60.30	S/ 3,733.73
02.03.04.03	ACERO Fy=4200 kg/cm2	KG	154.00	104.04	258.04	S/ 5.40	S/ 1,393.40
02.03.05	COLUMNAS Y PLACAS						S/ 119,017.82
02.03.05.01	CONCRETO 210 KG/CM ²	M3	34.90	23.58	58.48	S/ 529.45	S/ 30,960.27
02.03.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	309.87	209.34	519.21	S/ 60.30	S/ 31,308.10
02.03.05.03	ACERO Fy=4200 kg/cm2	KG	6,271.93	4,237.23	10509.16	S/ 5.40	S/ 56,749.44
02.03.06	COLUMNETAS						S/ 31,340.36
02.03.06.01	CONCRETO 210 KG/CM ²	M3	8.10	5.47	13.57	S/ 529.45	S/ 7,186.77
02.03.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	128.06	86.51	214.57	S/ 60.30	S/ 12,938.74
02.03.06.03	ACERO Fy=4200 kg/cm2	KG	1,239.46	837.36	2076.82	S/ 5.40	S/ 11,214.84
02.03.08	VIGAS						S/ 111,513.69
02.03.08.01	VIGAS - CONCRETO 210 kg/cm2	M3	29.13	19.68	48.81	S/ 389.12	S/ 18,993.94
02.03.08.02	VIGAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	401.89	271.51	673.40	S/ 67.24	S/ 45,279.50
02.03.08.03	VIGAS - ACERO Fy=4200 kg/cm2	KG	5,220.97	3,527.22	8748.19	S/ 5.40	S/ 47,240.25
02.03.09	LOSAS ALIGERADAS						S/ 84,581.46
02.03.09.01	LOSA ALIGERADA - CONCRETO 210 kg/cm2	M3	30.50	20.60	51.10	S/ 361.05	S/ 18,450.16
02.03.09.02	LOSA ALIGERADA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	342.68	231.51	574.20	S/ 43.82	S/ 25,161.36
02.03.09.03	LOSA ALIGERADA - ACERO Fy=4,200 kg/cm2	KG	2,186.33	1,477.06	3663.38	S/ 5.40	S/ 19,782.28
02.03.09.04	LOSA ALIGERADA - LADR. HUECO 15x30x30	UND	3,084.13	2,083.59	5167.72	S/ 4.10	S/ 21,187.66

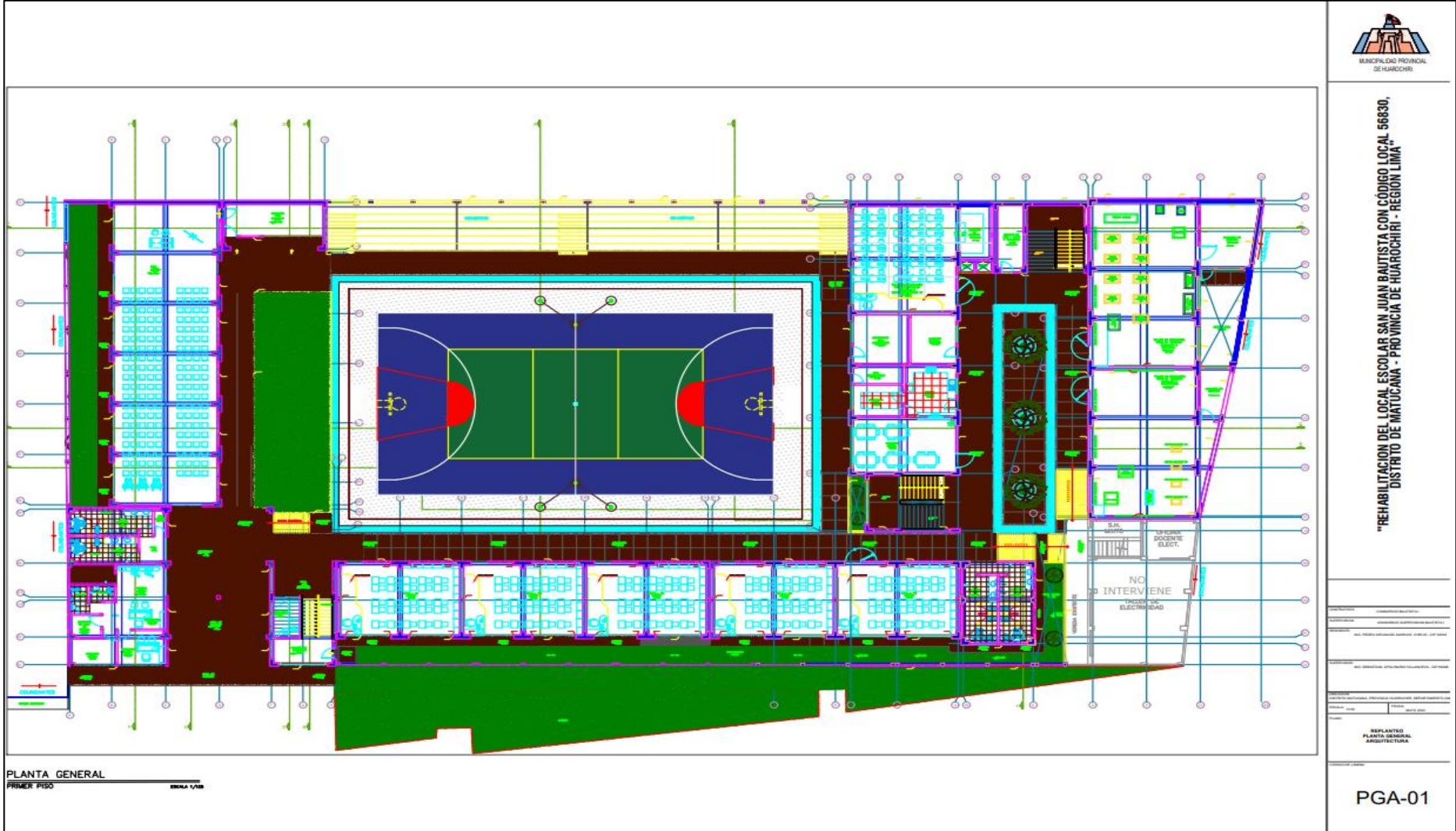
Anexo H. Presupuesto real

RESUMEN DE PRESUPUESTO							
 CONSORCIO BAUTISTA I							
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNID.	BLOQUE B	BLOQUE C	TOTAL METRADO	REAL (S/.)	
02	ESTRUCTURAS					S/ 468,592.29	
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS					S/ 17,062.42	
02.01.01	EXCAVACION MANUAL	M3	159.40	107.69	267.10	S/ 11,117.41	
02.01.02	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MAT/PROPIO	M3	30.16	20.38	50.54	S/ 1,861.27	
02.01.04	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE ACARREADO	M3	168.01	113.51	281.52	S/ 4,083.75	
02.02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					S/ 57,710.17	
02.02.01	SOLADO					S/ 3,225.47	
02.02.01.01	SOLADO DE CONCRETO 1:12 E=0.10	M2	66.14	44.69	110.83	S/ 3,225.47	
02.02.02	CIMIENTO CORRIDO					S/ 25,329.68	
02.02.02.01	CONCRETO CIMIENTO CORRIDO Fc=175 kg/cm2 . C:H: 1:10+30% PG	M3	70.89	47.89	118.78	S/ 25,329.68	
02.02.03	SOBRECIMIENTO					S/ 17,325.13	
02.02.03.01	SOBRECIMIENTOS - CONCRETO Fc=210 kg/cm2	M3	12.56	8.49	21.05	S/ 8,633.78	
02.02.03.02	SOBRECIMIENTOS - ENCOF. Y DESENCOFRADO	M2	100.51	67.90	168.41	S/ 8,691.35	
02.02.04	FALSO PISO					S/ 11,829.89	
02.02.04.01	FALSO PISO (E=10CM) CONCRETO FC=100 KG/CM2	M2	252.35	170.48	422.83	S/ 11,829.89	
02.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					S/ 393,819.70	
02.03.01	ZAPATAS					S/ 27,748.89	
02.03.01.01	ZAPATAS - CONCRETO 210 kg/cm2	M3	36.67	24.77	61.44	S/ 19,322.00	
02.03.01.02	ZAPATAS - ENCOF. Y DESENCOFRADO	M2	26.89	18.17	45.05	S/ 2,325.15	
02.03.01.03	ZAPATAS - ACERO Fy=4200 kg/cm2	KG	736.85	497.80	1234.65	S/ 6,101.74	
02.03.02	VIGA DE CIMENTACION					S/ 41,837.57	
02.03.02.01	VC CONCRETO Fc=210 kg/cm2	M3	38.82	26.23	65.05	S/ 21,870.76	
02.03.02.02	VC - ENCOF. Y DESENCOFRADO	M2	112.73	76.16	188.89	S/ 9,748.24	
02.03.02.03	VC- ACERO Fy=4,200 kg/cm2	KG	1,234.00	833.67	2067.67	S/ 10,218.58	
02.03.04	CANALES DE CONCRETO ARMADO EN TECHO					S/ 7,159.15	
02.03.04.01	CONCRETO 210 KG/CM²	M3	4.08	2.76	6.84	S/ 2,466.80	
02.03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	36.95	24.97	61.92	S/ 3,417.11	
02.03.04.03	ACERO Fy=4200 kg/cm2	KG	154.00	104.04	258.04	S/ 1,275.24	
02.03.05	COLUMNAS					S/ 108,925.10	
02.03.05.01	CONCRETO 210 KG/CM²	M3	34.90	23.58	58.48	S/ 28,334.84	
02.03.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	309.87	209.34	519.21	S/ 28,653.17	
02.03.05.03	ACERO Fy=4200 kg/cm2	KG	6,271.93	4,237.23	10509.16	S/ 51,937.09	
02.03.06	COLUMNETAS					S/ 28,682.70	
02.03.06.01	CONCRETO 210 KG/CM²	M3	8.10	5.47	13.57	S/ 6,577.33	
02.03.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	128.06	86.51	214.57	S/ 11,841.54	
02.03.06.03	ACERO Fy=4200 kg/cm2	KG	1,239.46	837.36	2076.82	S/ 10,263.82	
02.03.08	VIGAS					S/ 102,057.33	
02.03.08.01	VIGAS - CONCRETO 210 kg/cm2	M3	29.13	19.68	48.81	S/ 17,383.26	
02.03.08.02	VIGAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	401.89	271.51	673.40	S/ 41,439.80	
02.03.08.03	VIGAS- ACERO Fy=4200 kg/cm2	KG	5,220.97	3,527.22	8748.19	S/ 43,234.27	
02.03.09	LOSAS ALIGERADAS					S/ 77,408.95	
02.03.09.01	LOSA ALIGERADA - CONCRETO 210 kg/cm2	M3	30.50	20.60	51.10	S/ 16,885.59	
02.03.09.02	LOSA ALIGERADA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	342.68	231.51	574.20	S/ 23,027.68	
02.03.09.03	LOSA ALIGERADA - ACERO Fy=4,200 kg/cm2	KG	2,186.33	1,477.06	3663.38	S/ 18,104.74	
02.03.09.04	LOSA ALIGERADA - LADR. HUECO 15x30x30	UND	3,084.13	2,083.59	5167.72	S/ 19,390.95	

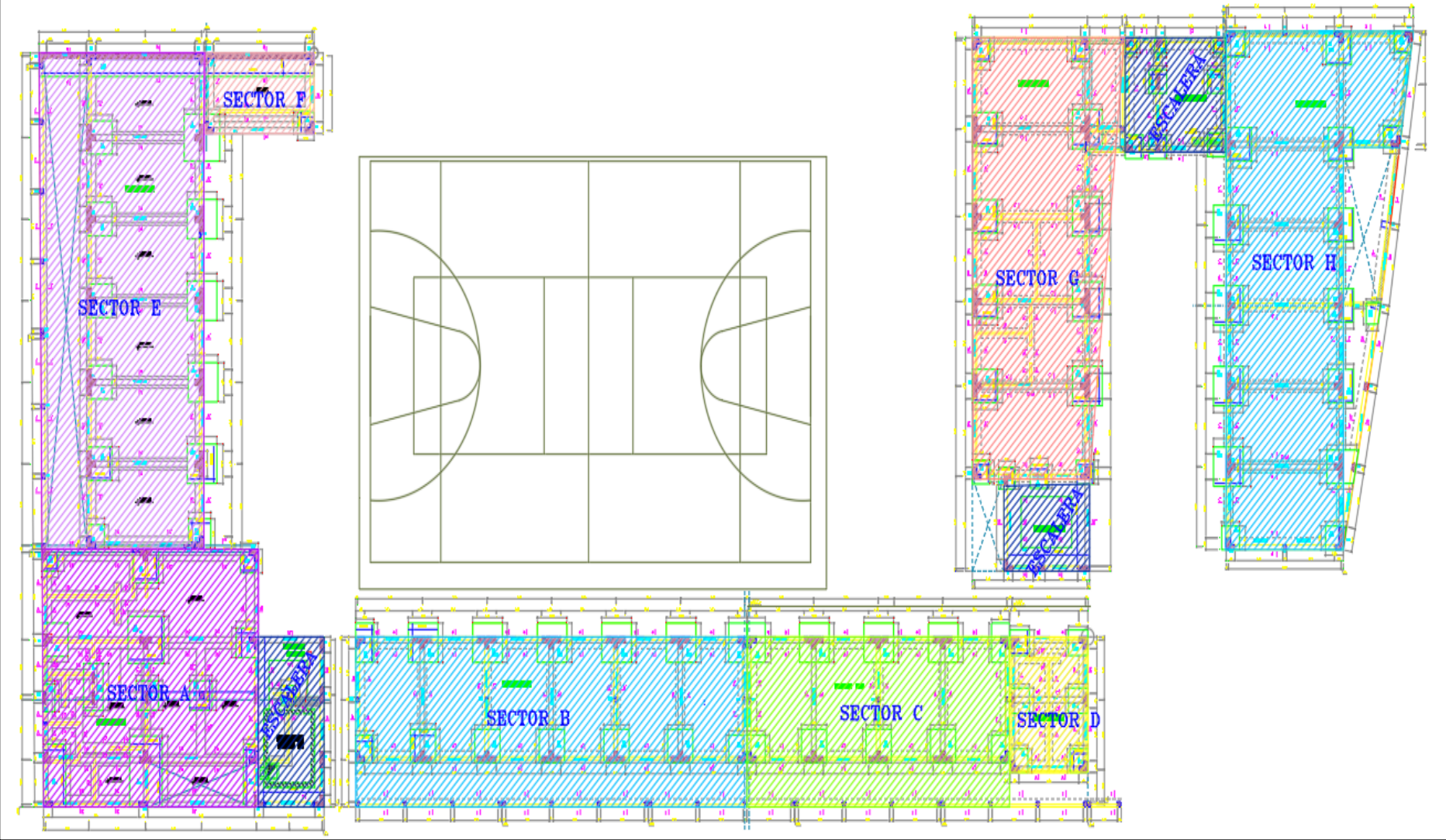
Anexo I. Plano de ubicación



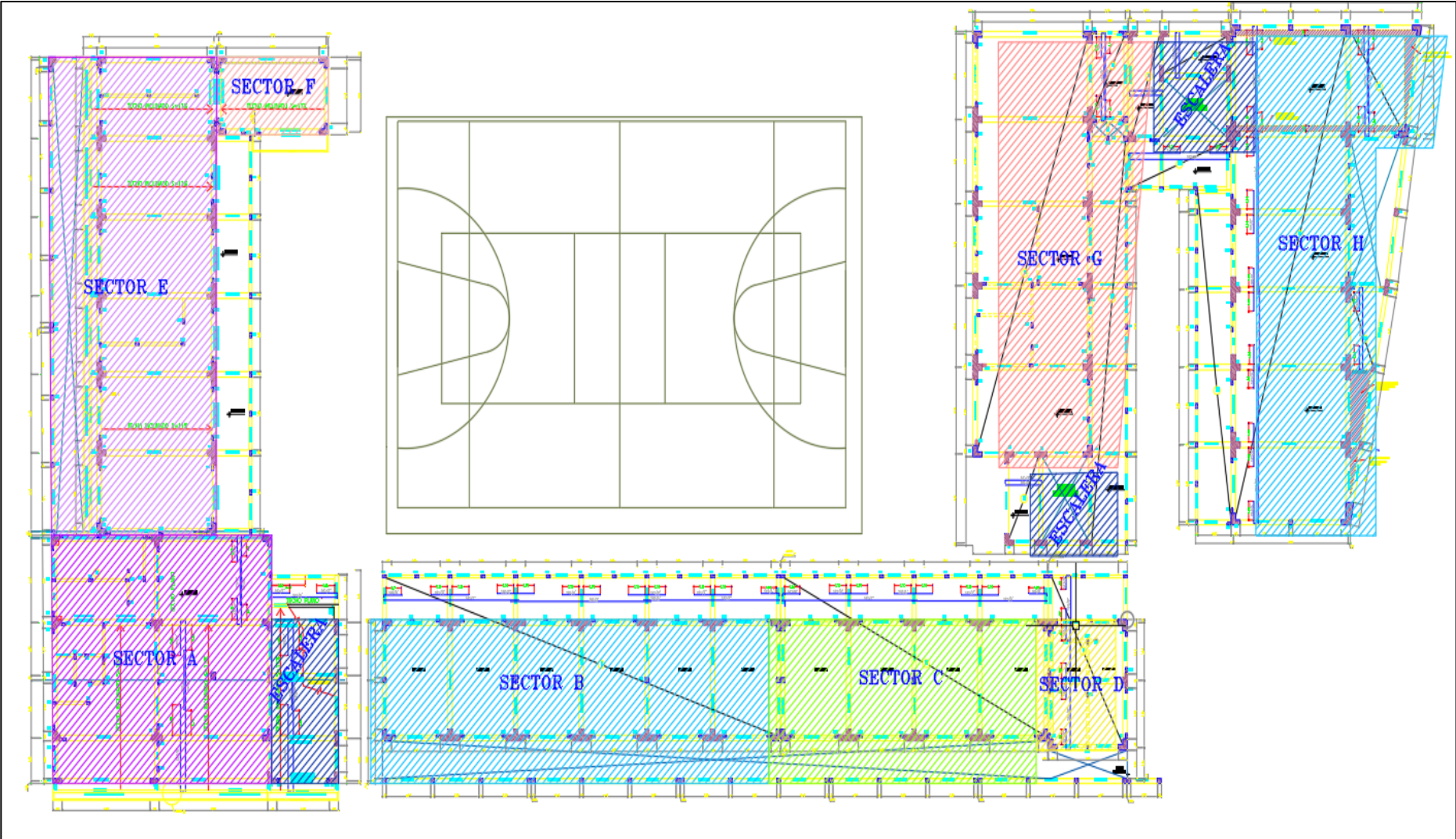
Anexo J. Plano de distribución-Arquitectura



Anexo K. Sectorización cimentaciones



Anexo L. Sectorización verticales y horizontales



Anexo M. Carta de autorización



**CONSORCIO
BAUTISTA I**

AUTORIZACION DE INVESTIGACION

Por el presente autorizamos a los tesisistas. **BRYAN PAUL ANCAJIMA MENACHO**, identificado con **DNI: 76965931**; **FLAVIO CESAR ROJAS PASTOR**, identificado con **DNI: 73571127** a usar los datos del proyecto "Rehabilitación de la infraestructura de la Institución educativa San Juan Bautista con código de local 356830 del distrito de Matucana – Provincia de Huarochirí – Departamento de Lima", ejecutada y financiada por la empresa **CONSORCIO BAUTISTA I** con **RUC N° - 20607988324**

Extendemos el presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime convenientes.

Atentamente,

Dagoberto Díaz Zaavedra
DNI° 40780043
ING. ADMINISTRADOR DEL PROYECTO

Lima, 30 de enero de 2023

JR. BULGARIA MZA. C LOTE. 20 URB. SAN ELIAS (A LA ESPALDA DE MERCADO VILLASOL)