



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Aplicación de Lean Construction para incrementar la
productividad en la construcción de un colegio público,
Huambacho 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTORES:

Bances Torres, Adrian Renato (orcid.org/0000-0002-2728-5064)

Gomez Fernandez, Xiomery Lindsay (orcid.org/0000-0003-3607-6368)

ASESOR:

Msc. Chucuya Huallpachoque, Roberto Carlos (orcid.org/0000-0001-9175-5545)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHIMBOTE – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios por otorgarnos vida, salud y las fuerzas necesarias para culminar satisfactoriamente con nuestra formación profesional universitaria.

A nuestros padres, abuelos y hermanos por sus sabios consejos, su comprensión y apoyo incondicional.

Agradecimiento

A Dios por darnos las fuerzas día a día para lograr el cumplimiento de todas nuestras metas y objetivos propuestos.

A la empresa Consorcio Supervisor El Torito y a todos sus colaboradores, ya que nos brindaron la información y datos requeridos para la obtención de datos satisfactorios en nuestra investigación.

A nuestros docentes por sus recomendaciones y conocimientos brindados para un mejor desarrollo de nuestro estudio.

Y a nuestros padres por su apoyo incondicional y su infinito amor.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra y muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
3.5. Procedimientos.....	14
3.6. Método de análisis de datos	15
3.7. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS	17
4.1. Diagnóstico situacional de la construcción de un colegio	11
4.2. Productividad antes de la aplicación del Lean Construction.....	11
4.3. Aplicación del Lean Construction	12
4.4. Productividad después del Lean Construction	12
4.5. Comparación de las productividades	14
REFERENCIAS	34
ANEXOS	40

Índice de tablas

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
Tabla 2. Métodos de análisis de datos.....	15
Tabla 3. Datos para el cálculo del takt time	17
Tabla 4. Eficiencia antes de la implementación del Lean Construction	19
Tabla 5. Eficiencia antes de la implementación del Lean Construction	20
Tabla 6. Productividad de mano de obra antes de la implementación del Lean Construction	21
Tabla 7. Cronograma de plan de cumplimiento de actividades - diciembre.....	22
Tabla 8. Cronograma de plan de cumplimiento de actividades – enero	23
Tabla 9. Eficiencia después de la implementación del Lean Construction.....	24
Tabla 10. Eficiencia después de la implementación del Lean Construction.....	25
Tabla 11. Productividad de mano de obra después de la implementación del Lean Construction	25
Tabla 12. Comparación del indicador de eficiencia, eficacia y productividad de mano de obra	27
Tabla 13. Prueba de normalidad para la eficiencia	28
Tabla 14. Estadísticas de muestras emparejadas para la eficiencia.....	28
Tabla 15. Correlaciones de muestras emparejadas para la eficiencia	28
Tabla 16. Prueba de muestras emparejadas para la eficiencia	29
Tabla 17. Prueba de normalidad para la eficacia	29
Tabla 18. Estadísticas de muestras emparejadas para la eficacia	30
Tabla 19. Correlaciones de muestras emparejadas para la eficacia.....	30
Tabla 20. Prueba de muestras emparejadas para la eficacia	30
Tabla 21. Prueba de normalidad para la productividad de mano de obra.....	30
Tabla 22. Estadísticas de muestras emparejadas para la productividad de mano de obra	31
Tabla 23. Correlaciones de muestras emparejadas para la productividad de mano de obra	31
Tabla 24. Prueba de muestras emparejadas para la productividad de mano de obra	31
31	
Tabla 25. Calificación del Ing. Cesar Augusto Diaz Moreno para los formatos de la variable independiente	54

Tabla 26. Calificación del Ing. Cesar Augusto Diaz Moreno para los formatos de la variable dependiente	54
Tabla 27. Calificación de la Ing. Annie Edith Manrique Rosales para los formatos de la variable independiente.....	54
Tabla 29. Calificación de la Ing. Manuel Sarmiento Ignacio para los formatos de la variable independiente	54
Tabla 30. Calificación de la Ing. Manuel Sarmiento Ignacio para los formatos de la variable dependiente	55
Tabla 31. Calificación total de expertos	55
Tabla 32. Escala de validez de instrumentos.....	55
Tabla 33. Datos para el cálculo del takt time	56
Tabla 34. Datos para el cálculo de la eficiencia	69
Tabla 35. Datos para el cálculo de la eficacia.....	75
Tabla 36. Datos para el cálculo de la productividad de mano de obra.....	78
Tabla 37. Cronograma de ejecución mes de Diciembre (1 ^{er} mes de aplicación) .	81
Tabla 38. Cronograma de ejecución mes de Enero (2 ^{er} mes de aplicación).....	83
Tabla 39. Uso y pedido de materiales durante el mes de diciembre - MRP.....	85
Tabla 40. Uso y pedido de materiales durante el mes de enero - MRP	93
Tabla 41. Datos para el cálculo del takt time	100
Tabla 42. Datos para el cálculo de la eficiencia	108
Tabla 43. Datos para el cálculo de la eficacia.....	114
Tabla 44. Datos para el cálculo de la productividad de mano de obra.....	120

Índice de figuras

Figura 1. Esquema del diseño de investigación	11
Figura 2. Diagrama de flujo de procedimiento	14
Figura 3. Mapa de flujo de valor	18
Figura 4. Mapa de flujo de valor	23
Figura 5. Tesista durante el recorrido en obra.....	64
Figura 6. Tesista durante el recorrido en obra.....	64
Figura 7. Retraso en la llegada de los materiales.....	65
Figura 8. No se observa un control e inventariado de los materiales que ingresan a obra	65
Figura 9. Desorden y falta de limpieza en diversas áreas	66
Figura 10. Se observa la presencia del material excedente y residuos en obra que no han sido eliminados.....	66
Figura 11. Falta de equipos de protección personal, lo que impide el desarrollo de las actividades.....	67
Figura 12. Personal paralizado por falta de material en obra	67
Figura 13. Poca presencia de personal en obra	68
Figura 14. Falta de control en el área de almacén	68

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar el impacto de la aplicación del Lean Construction en la construcción de un colegio. La población fueron las actividades a ejecutar para la construcción del colegio. La muestra fue igual a la población. Se utilizaron las técnicas de observación directa e investigación documental. Los instrumentos empleados fueron el mapa de flujo de valor, checklist de diagnóstico de los problemas, el plan de cumplimiento, planificación de uso de materiales y la medición de la productividad. Antes de la aplicación de las herramientas del Lean Construction, la eficiencia poseía un valor de 73.45%, la eficacia era de 90.69% y la productividad de mano de obra 0.0018 % avance de obra/H-h. Después de implementar las herramientas del Lean Construction, la eficiencia alcanzó un valor de 92.83%, la eficacia fue de 100% y la productividad de mano de obra alcanzó un 0.0021 % avance de obra/H-h, presentando así, incrementos de 26%, 10% y 15% respectivamente. Entonces, tras la aplicación del Lean Construction se lograron reducir los tiempos de parada por falta de materiales, desorden en almacén, pérdida de materiales y errores del personal; en consecuencia, incrementaron los indicadores de productividad en el proceso de construcción del colegio.

Palabras clave: Lean Construction, Productividad, Eficiencia y Eficacia.

Abstract

The objective of the research was to determine the impact of the application of Lean Construction in the construction of a school. The population were the activities to be carried out for the construction of the school. The sample was equal to the population. Direct observation and documentary research techniques were used. The instruments used were the value flow map, problem diagnosis checklist, compliance plan, material use planning and productivity measurement. Before the application of the Lean Construction tools, the efficiency had a value of 73.45%, the efficiency was 90.69% and the labor productivity 0.0018% work progress/H-h. After implementing the Lean Construction tools, the efficiency reached a value of 92.83%, the efficiency was 100% and the labor productivity reached 0.0021% work progress/H-h, thus presenting increases of 26%, 10 % and 15% respectively. Then, after the application of Lean Construction, it was possible to reduce downtime due to lack of materials, disorder in the warehouse, loss of materials and personnel errors; Consequently, productivity indicators increased in the process of building the school.

Keywords: Lean Construction, Productivity, Efficiency and Effectiveness.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, respecto al rubro de la construcción se sabe que es una parte importante del apartado económico, es por ello por lo que se busca que las empresas sean más productivas, para lograrlo es necesario crear un proceso eficiente, en donde, a través de la aplicación de metodologías y herramientas se logre el incremento de los principales indicadores que maneje la organización. Lean Construction se encuentra orientada a la reducción de desperdicios/residuos, por ende, busca perfeccionar el proceso productivo dentro de una empresa. (Ramos et al., 2015, p. 21) en su artículo hacen la comparación entre el Lean Construction y el Lean Manufacturing, expresan que ambas metodologías manejan conceptos similares, con la diferencia de que son aplicados en distintas industrias. La metodología del Lean Construction establece 8 categorías de desperdicios y se enfoca en la mejora de 3 procesos: transformación, planificación y control.

Global Data (2021, p. 2) encargado de recopilar y analizar continuamente datos en todo el mundo, en su estudio titulado Global Construction Outlook to 2025, Q4 2021 Update mencionan que la industria de la construcción global se vio seriamente afectada por la crisis del Covid-19, pero, como cambio positivo prevé que la industria de la construcción crecerá en un 5.2% hacia el último trimestre del presente año, al comparar estos nuevos datos con los obtenidos en el año 2019 se estaría hablando de una producción mayor en 2.5%. Sin embargo, cabe recalcar que estos pronósticos se basan en el supuesto de que los gobiernos o las autoridades del sector salud no re-introduzcan estrictas políticas de cierre nuevamente.

En el Perú, son pocas las empresas que se encuentran dentro del rubro de la construcción que gestionan la productividad de sus obras, en su mayoría siguen utilizando los mismos procedimientos, muestran poca re-innovación y poca disponibilidad para aprender de nuevas metodologías, es decir se encuentran rezagados frente a otras industrias. Maceli y Anika (2017, p. 3), en su investigación sustenta que el uso de metodologías antiguas en el rubro construcción trae graves consecuencias, tales como: problemas en seguridad, calidad, pérdidas económicas, retrasos en los periodos de entrega, poca efectividad, entre otros. Por otro lado (MS Bajjou, Ennadi y Hammoumi, 2017) resalta que es la falta de

competitividad entre las empresas de este rubro la razón por la cual se observa un bajo nivel respecto a la innovación de sus procesos.

En su publicación De La Vega Polanco (2021, párr. 3) en el diario EL Peruano publicó que el MVCS emitió datos en donde dio a conocer que en el mes de febrero del 2021 el sector construcción alcanzó un crecimiento de 14.32%, logrando así una tasa positiva durante 6 meses consecutivos, del mismo modo, El Instituto Nacional de Estadística e Informática (2021), reveló que tras el crecimiento de 1.9% en el año 2019, por efectos de la crisis del covid-19 se retrocedió en un 13.9% en el año 2020, pero para el año 2021 se mostraron perspectivas positivas. Según el último análisis brindado por el BCR, se pronosticó el cumplimiento de una extensión del 17.4%; y para año 2022 se posicionará con un 3.8%. Dicho crecimiento afecta directamente a la economía nacional puesto que el PBI mostró un incremento de 10.7% con respecto al año anterior.

En el ámbito local, Chimbote también ha mostrado un incremento en el desarrollo de ejecución de obras con respecto al año anterior, es a partir de este crecimiento en el sector que es necesaria la búsqueda de nuevas metodologías que le brinden a las empresas las posibilidades de contar con procesos en donde no existan pérdidas ni desperdicios. En la actualidad, adaptarse al cambio es vital para poder lograr mantenerse en el mercado competitivo (Salonitis y Tsinopoulos, 2016, p.194). A pesar ello, la mayor parte de las empresas constructores de nuestra región aún no lo intentan y siguen presentando problemas, tales como: procesos productivos tardíos, la presencia o existencia de despilfarros, retrabajos y tiempos de espera, tal y como es el caso del Consorcio Supervisor El Torito.

El Consorcio Supervisor El Torito, situado en Jirón Huancavelica MZ. E Lt. 9 - Pj. Florida baja, es una empresa que cuenta con aproximadamente de 14 años de experiencia, encargada de brindar servicios en obras tanto públicas como privadas, para este negocio se dispone con más de 11 profesionales con gran experiencia en el rubro capaces de resolver y solucionar de manera eficiente y eficaz cualquier desafío propuesto.

Analizando la problemática de la empresa, se evidencian diversos inconvenientes, particularmente en la ejecución de instituciones públicas, ello motivado porque en muchas ocasiones no se ha logrado cumplir con los plazos determinados como por ejemplo en la ejecución de los colegios, además, no se ha logrado alcanzar las

especificaciones de calidad conforme al expediente técnico dentro de cada construcción. Del mismo modo, no se ha conseguido tener un uso racional de los recursos, por lo que se generan gastos adicionales a los presupuestados. Adicionalmente, el personal obrero no cuenta con programas de capacitación adecuados, por lo que sus conocimientos lo han adquirido con la práctica a través de los años, esta realidad lleva a una falta de motivación del personal para adquirir nuevos conocimientos y tecnologías que podrían aportar un mejoramiento general en las diversas actividades que efectúan.

Por otra parte, la obra objeto de estudio no busca o presenta esfuerzos por investigación y desarrollo orientados a mejorar los procesos de construcción, así como su gestión. Así mismo, existen tiempos muertos de las cuadrillas de los trabajadores, no existe un control de tiempo programados ni planificados para acelerar las diversas actividades, por lo que se termina provocando más retraso. Sumado a ello, está que existen falta de EPP que se requieren en la obra o ciertas maquinarias. En ese sentido, las causas de la lentitud dentro del desarrollo de la obra se deben a la baja productividad, esto involucra una serie de elementos, y como principal actor se tiene a la mano de obra, ya que estos afrontan una serie de problemas como son: no existe una correcta capacitación y laborar con implementos inadecuados en la obra porque al trabajador no se le brinda los equipos de protección personal adecuados.

De la misma forma, el retraso de la ejecución de la obra se da por la falta de abastecimiento de los materiales adecuados y herramientas en el tiempo estimado, si bien es cierto, el avance de la ejecución está ligada a los procesos de adquisición y contrataciones con proveedores, pero por falta de una adecuada programación no se da un correcto abastecimiento de materiales y equipos. En ese sentido se considera importante cumplir con el tiempo de entrega, por lo que se propone a través de la metodología Lean Construction, dinamizar los procesos dentro de la obra para movilizar las gestiones administrativas, actividades de construcción y de servicios que logran mantener la credibilidad ante la demanda y ampliarse dentro del mercado con la inyección de nuevos proyectos.

De seguir así, la empresa podría verse altamente perjudicada ya que estaría incurriendo en pérdidas de diversos recursos (materiales, tiempo, talento humano, etc) que podrían ser solucionadas con la innovación en nuevas metodologías, del

mismo modo, su productividad se ve alterada y por efecto también su competitividad en comparación a demás entidades también. Por comentado anteriormente, **el problema de investigación** se planteó de la manera siguiente: ¿En qué medida la Aplicación de Lean Construction incrementará la productividad en la construcción de un colegio público, Huambacho 2021?

Este trabajo fue de gran importancia debido a que las actividades constructivas presentaban una baja productividad por diversos factores y precisamente en ellos se respalda la razón de este proyecto. Así mismo, se justificó a nivel social, ya que, al aumentar las productividades de la empresa, se obtuvo un sistema rentable, demostrando de esta forma al directorio que se debe continuar apostando al crecimiento organizacional, generando así más puestos de trabajo y establecerse dentro del mercado. A su vez, se justificó metodológicamente, debido a que la aplicación la filosofía del Lean Construction ayudó a la empresa en la reducción de pérdidas y/o desperdicios existentes en las condiciones del proceso. También se justificó teóricamente, ya que permitió detectar las deficiencias tales como: desperdicios y pérdidas, para poder sugerir mejoras dentro de la construcción con la finalidad de obtener un buen trabajo final. Finalmente, la investigación tuvo una justificación práctica debido a que los resultados obtenidos representan una base o guía para futuros trabajos o proyectos.

Como **concluvo general** se sostuvo: Aplicar el Lean Construction para incrementar la productividad dentro de la construcción de un colegio público, Huambacho 2021. Como **objetivos específicos** se plantearon: Ejecutar un diagnóstico del estado actual de los procesos en la construcción de un colegio público, determinar la productividad antes de la aplicación de la filosofía Lean Construction en la construcción de un colegio público, aplicar la filosofía del Lean Construction dentro de la construcción de un colegio público, determinar la productividad después de aplicar Lean Construction y comparar la productividad antes y después de la aplicación del Lean Construction.

Por ende, se planteó las siguientes **hipótesis**: **H₀**: la aplicación de la filosofía Lean Construction incrementará la productividad en la construcción de un colegio público en Huambacho- 2021. **H₁**: la aplicación de la filosofía del Lean Construction no incrementará la productividad en la construcción de un colegio público en Huambacho- 2021.

II. MARCO TEÓRICO

En el presente proyecto de investigación tomó en cuenta como **trabajos previos** a Rojas, Henao y Valencia (2017), que en su artículo el cual fue titulado como: “Lean Construction – LC bajo pensamiento Lean” señalaron que su objetivo principal fue eliminar los desperdicios encontrados con mayor frecuencia en el proceso. Como resultados se obtuvieron que el mayor desperdicio se encontraba en los excesivos tiempos de espera, el 43.75% de las causas del no cumplimiento con la programación de las actividades de la obra eran debido a los subcontratistas y obras previas; mientras que el 56.25% eran a causa de los proveedores, mal tiempo y cambios en el diseño, finalmente, la productividad mostró un incremento del 19%. Los autores concluyen expresando que es importante la aplicación de esta metodología puesto que sus herramientas son efectivas.

A su vez, Pérez, Del Toro y López (2019), en su artículo titulado “Mejora en la construcción por medio de Lean Construction y building information modeling: caso de estudio” su principal objetivo fue implementar conceptos de Lean Construction y Building Information Modeling en el proceso de construcción de 24 viviendas populares. Como resultado se obtuvo una disminución en el tiempo establecido, la construcción fue programada para ser finalizadas en 14 días, tras la aplicación del Lean Construction las 24 viviendas se ejecutaron en 11 días, obteniendo así un ahorro de tiempo del 26.56%, además de un incremento en la PMO del 16% y en PMP de un 34%.

Además, Latorre, Sanz y Sánchez (2019), en su artículo titulado “Aplicación de un modelo Lean Construction para la mejora de la productividad en redacción de proyectos de edificación” señalaron que el objetivo de su estudio fue proponer un modelo para poder mejorar el rendimiento en los diversos proyectos de identificación en BIM. Como principal resultado hallado destaca la reducción de las horas totales de ejecución de los proyectos, en donde un proyecto que fue programado para ser ejecutado en 475 horas se realizó en 430 horas, existiendo un ahorro del 40% del tiempo, por otro lado, la productividad incrementó en un 25% tras la aplicación del Lean. Los autores concluyeron que el sector de la construcción debe intentar buscar herramientas que los ayuden en la mejora de su productividad. Por otro lado, Salazar (2021) en su tesis titulada “Optimización de la productividad en obras del sector retail, aplicando Lean Construction para la empresa

Corporación Brinper S.A.C.” Tuvo como objetivo principal la mejora de los indicadores de productividad a través de la aplicación de la filosofía de construcción esbelta. Dentro del marco de los resultados hallados, se logró optimizar los principales indicadores de productividad, obteniendo una mejora en un 12% con respecto a la eficiencia y un incremento en un 29% en la eficacia. El autor concluye expresando que la implementación de esta filosofía en las organizaciones debe empezar con un cambio en la mente de los colaboradores, ya que en un gran porcentaje de casos este acostumbra ser el factor más complicado de mejorar.

León y Pinado (2019), dentro de su publicación titulada “Aplicación de conceptos de la filosofía Lean Construction y la productividad en la obra: Creación de piscigranja para la producción de truchas” buscó determinar la relación concreta entre la aplicación de los conceptos correspondientes a Lean Construction y la productividad en la creación de una pisci-granja. Como resultado se halló que en los 2 indicadores de productividad existieron mejoras: la eficiencia de la obra incrementó de 65% a 83%, mientras que la eficacia incrementó de 71% al 88%, ambos indicadores mostraron grandes mejoras tras ser sometidos a la metodología. Finalmente, el autor concluye señalando que la aplicación del Lean Construction mostró mejoras significativas en la productividad del proyecto de creación de una piscigranja.

De la misma forma, Fernández, Rodríguez y Prado (2018) en su artículo “Aplicación de técnicas Lean Construction a través de un método de Action Research en los procesos de gestión de una empresa constructora” tuvieron como objetivo principal definir y desarrollar un modelo de Action Research para facilitar el desarrollo organizacional en la construcción, basándose en el uso de herramientas de la metodología Lean Construction. Hubo algunas mejoras en el proceso, pero los autores revelaron que no fueron resultados notables y tuvieron limitaciones durante la ejecución de sus actividades, señalan que los factores determinantes para dichos resultados fueron la falta de participación de la alta gerencia y el poco contacto con los colaboradores.

Para Marin y Correa (2020) en su artículo titulado “Metodología Lean Construction en la mejora de la producción, caso de estudio: red de alcantarillado AV. Cieza de León – La Purísima”, el objetivo principal del estudio fue aplicar la metodología de la construcción esbelta para mejorar la producción. El diseño de la investigación fue

no experimental. Como principales resultados se logró reducir en un 9% el trabajo no contributivo a través de la aplicación de la metodología, además se redujeron en un 13.83% los tiempos de producción y se incrementó en un 10.5% el rendimiento de la PMO. Por último, los autores concluyen que para lograr un buen resultado en la aplicación de las herramientas es importante identificar las pérdidas que generan más problemas.

En otro sentido, Millones (2020) en su artículo titulado "Metodología de gestión basada en Lean Construction y pmbok para aumentar la productividad en proyectos de construcción" tuvo el objetivo principal mejorar los indicadores de productividad de la organización a través de la aplicación de la metodología de la construcción esbelta. Como principales hallazgos se encontró que: La mejora de la etapa del perfilado del subrasante, sin ningún tipo de adición de material, generó grandes resultados (outputs) tales como la disminución del tiempo de finalización de obra, que varió de 98 días a 68 días y el aumento de la productividad en un 13%. Los autores concluyen señalando que estos hallazgos (outputs) se deben a la unidad de consumo (inputs) que corresponde a aquellos recursos gestionados de manera eficiente (Mano de obra, equipo y materiales).

Torres (2018) en su tesis titulada "Análisis y mejora de la productividad aplicando la filosofía Lean Construction en el mejoramiento de la Av. Pedro Miotta en San Juan de Miraflores - Lima" señala que el objetivo principal de su estudio fue aplicar la metodología Lean Construction para el incremento de la productividad. Dentro de los principales resultados se encuentran: El porcentaje del Plan cumplido ascendió al 75%, lo cual indicaba un incremento de la productividad del 22% con respecto al mes anterior, además, a través de la herramienta de Carta Balance se y 20%. El autor concluye expresando que es de gran importancia gestionar la capacitación correspondiente al personal técnico y al personal de obra en temas de la filosofía Lean Construction y sus beneficios.

Finalmente, Cavero León (2018), en su artículo titulado "Mejoramiento en la productividad en el proceso constructivo de un canal de irrigación 1.2 Número 1, aplicando Lean Construction, distrito de Aucallama – Huaral – Lima, 2018" explica que buscó aumentar considerablemente la productividad en la construcción del canal de irrigación 1.2 número 1 aplicando la filosofía Lean Construction. El principal hallazgo encontrado fue el incremento del índice de productividad, antes

de someterse a la filosofía el valor de dicho indicador era menos a 1 ($IP < 1$), tras la aplicación de la herramienta el valor fue mayor a 1 ($IP > 1$). Para terminar, el autor concluye que el uso de Lean Construction incrementó el índice de productividad dentro de la construcción del canal de irrigación.

Respecto **a las teorías relacionadas al tema**, se hallaron una variedad de trabajos y estudios referidas a los conceptos que se consideran relacionados al presente estudio, buscando poder tener en un sustento teórico. El Lean Construction es una metodología que se puede aplicar en las empresas pertenecientes al sector de construcción, tiene un enfoque destinado a la reducción de los 8 desperdicios: sobreproducción, sobre procesos, esperas, transporte, movimientos innecesarios, inventario, defectos y talento humano; en la búsqueda de la mejora y la planificación y el control (Pons Achell y Rubio 2021, p. 26)

Los inicios de esta metodología datan a finales del siglo XX, a partir del nacimiento del Lean Manufacturing propuesto por la fábrica automovilística Toyota. (Andújar et al. 2019) Lo propuesto por esta organización automovilística fue la base para la expansión del sistema Lean, que tiene como fundamentos la reducción de los costos, incremento de la calidad y reducción de tiempos de producción. Fue el profesor Lauri Koskela en el año 1992 quién propuso que la construcción es un sistema de producción de gran incertidumbre al planificarla y que, en aquel entonces, solo era vista como un modelo de transformación (Porrás, Sánchez y Galvis, 2014, p. 3).

Por otro lado, para Alarcon et al. (2017, p.18) es importante determinar la fuente de la pérdida o el origen del problema, ya que a partir de allí se logrará identificar cuál será la herramienta correcta a utilizar por cada problemática encontrada. Para la etapa del diagnóstico de un proceso, Bhamu y Singh Sangwan (2014, p. 43) proponen utilizar la herramienta del Value Stream Mapping, ya que esta le permite al investigador conocer e identificar todos los elementos que influyen en un determinado proceso, el estado inicial y el estado futuro del mismo. Del mismo modo, también permite hallar la cantidad de procesos y los tiempos de ciclo globales y parciales (por actividad).

Así mismo, en la etapa de diagnóstico se utilizará el takt time, este indicador servirá en la comparación con el tiempo de ciclo y así poder determinar si se está cumpliendo con el porcentaje programado en el plan de actividades. Para

Binninger, Dlouhy y Haghsheno (2017) el takt time no se define por la empresa si no por el cliente, pero cuando hablamos de la ejecución de una obra, el indicador del Takt Time es un tiempo que refleja el plazo en el que se deben lograr ciertas metas y se encuentra definido por la entidad, evidenciándose en el tren de actividades y el plan de cumplimiento

En la etapa de implementación existen diversas herramientas, Pons Achell (2014, p. 53) introduce el Last Planner System, que es una herramienta enfocada en las actividades individuales, se apoya bajo la jerarquía de mando y control para la planificación de proyectos y busca minimizar los tiempos y los costes necesarios para cada proceso y de manera aislada, el objetivo de su implementación es la obtención del porcentaje del Plan de Cumplimiento. En ese sentido, Samad, Hamzeh y Emdanat (2017, p. 7) describen a la producción en obra como poco predecible, incierta y compleja; lo que ofrece el Look Ahead –Last Planner System es simplificar los procesos e incrementar su fiabilidad, a partir de la planificación y preparación, para ello se necesita la completa disponibilidad y compromiso de todas las partes de una organización.

La sectorización es el proceso en el que se dividen las actividades o tareas de una obra en cantidades menores, es decir, en tareas más pequeñas, en donde cada sector debe contener un metrado similar al anterior para así lograr mantener un flujo continuo entre sectores. También, se cuenta con la herramienta denominada El tren de actividades, que establece que las cuadrillas de trabajo deben ir avanzando unos tras otros, según fueron sectorizados, logrando así flujos eficientes y continuos, se aplica esta herramienta con la finalidad de observar con mayor claridad el paso de las cuadrillas (Caballero, Zambrano y Ponce, 2018, p. 14).

El just in time o justo a tiempo es una metodología que se centra en la gestión de inventarios para mantener solo aquello necesario dentro de los almacenes, es decir, se busca abastecerse de materiales y recursos de prioridad, para ello, es necesario no tener un inventario en cero, del mismo modo, pero de mismo modo no se puede exceder (Nicholson, Pagowsky y Seale, 2019, p. 18). Focalizado en la metodología Lean Construction, se puede decir que idealiza sus estándares en la disminución de los procesos que no representan valía en el desarrollo. La metodología funciona como un filtro, desde la parte más alta hacia la parte más baja (base), siempre se

exige un cambio en la mentalidad de la organización completa, eso incluye a la alta gestión y los trabajadores (Pons y Rubio, 2019, p. 49).

Finalmente, en la tercera etapa llamada seguimiento, se formulan las situaciones de mejora, para ello es necesario revisar y mantener los resultados adquiridos a base de la implementación (Proaño, Gisbert y Bernabeu, 2017, p. 15) Se dice que la implementación de la metodología Lean tiene fin, es importante encontrarse siempre abierto a recibir sugerencias, recomendaciones y nuevas ideas para así lograr detectar nuevos problemas y brindarles las soluciones a tiempo y de la manera más adecuada. Es así como se expresa un ciclo continuo. (Marin, Bautista y Garcia, 2014, p. 25).

En cuanto a la variable dependiente, según la Fontalvo Herrera et al. (2018) la productividad es la conexión existente entre el producto alcanzado y la cantidad de recursos empleados, los recursos empleados abarcan M.O, M.P, tiempo total de producción, horas de trabajo de máquina, entre otros. Por otro lado, Cadena (2018) define a la productividad de la siguiente manera: $\text{Salidas Totales} / \text{Entradas Totales}$. Sangers (2016, p. 68) propone a la productividad como uno de los indicadores de producción más importantes dentro de un proceso, ya que vincula directamente los objetivos y los recursos, también, menciona la existencia de productividades parciales expresadas de la siguiente forma: $\text{servicios o bienes totales} / \text{recurso utilizado}$, es decir, solo toma en cuenta un recurso, como es el caso de la PMO, en donde se calcula la cantidad de trabajo de un obrero en cierto periodo de tiempo. Por otro lado (Velásquez, Rodríguez y Guaita, 2012) postulan a la eficiencia como un importante indicador de productividad, dicho indicador busca la obtención de una mayor cantidad de un determinado producto con un mínimo esfuerzo o costo, aplicado al proyecto, estaría representado por el tiempo útil trabajado y el tiempo total empleado. También, recalcan que otro indicador importante es la eficacia, que está representada por la producción real y la producción planificada, el valor de este indicador estará estrechamente conectado con el porcentaje del plan de cumplimiento de las actividades.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

El trabajo a continuación fue de tipo aplicado, esto debido a que Baena Paz (2017, p. 101) mencionaron que se incorporaron y usaron contribuciones con fundamento teórico que hicieron posible la identificación de aquellos contratiempos que dificultaban el entorno y así poder brindar las correcciones respectivas. Por ello, a través del uso de Lean Construction se logró crear las soluciones a los problemas de la constructora y luego de ellos, se generaron nuevas salidas para posibles dificultades, de este modo, se logró el incremento de la productividad de la construcción de un colegio público. Así mismo, según lo expresado por Gonzales (2021) el tipo de investigación fue cuantitativo debido a que se recolectaron y analizaron datos numéricos, a su vez, se realizaron promedios, predicciones y comparaciones entre los resultados hallados.

Por otro lado, según lo expresado por (Hernández y Mendoza, 2018) el diseño de investigación presente dentro de esta investigación fue pre-experimental, ya que el manejo de la variable independiente se dio con proporciones minúsculas. Por ende, se laboró tomando un sector (Construcción de un colegio público) al cual se agregó un incentivo (Lean Construction) que permitió definir el impacto y la variación en la variable dependiente (Productividad), siendo obligatorio una ensayo previo y posterior, tanto antes como después de el estímulo especificado

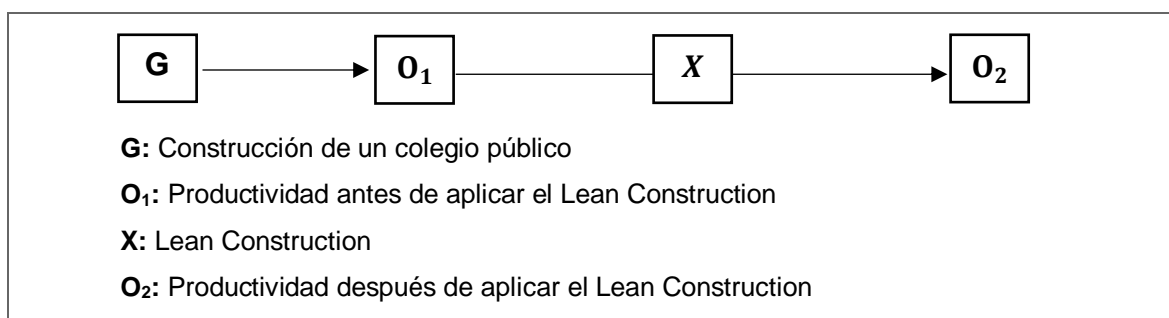


Figura 1. Esquema del diseño de investigación

Fuente: Elaboración propia

3.2. Variables y operacionalización.

Dentro de la investigación se consideró la variable I – cuantitativa al Lean Construction. Por otro lado, se tuvo como variable D – cuantitativa a la productividad (Ver anexo 1).

3.3. Población, muestra y muestreo.

Ñaupas et al (2018) denominaron a la población como una agrupación de acontecimientos, sucesos o posibilidades que comparten entre ellos una serie de cualidades. Por lo previamente expuesto, nuestra población estuvo manifestada por las diversas actividades a ejecutar para la construcción de un colegio. Así mismo, como criterio de inclusión se contó con la construcción del colegio inicial I.E 1580 Huambacho La Huaca – Samanco y las etapas que comprendían su ejecución. Por otro lado, como criterio de exclusión se consideró a las actividades y/o etapas que no influían en el avance de la construcción del colegio inicial.

Para Otzen y Manterola (2017), en la mayoría de casos la muestra suele ser una fracción de la población seleccionada, de esta forma, se obtiene la información suficiente para continuar la línea de investigación. Aunque, por otro lado, el autor expresa que existen casos en los que la población es igual a la muestra. Por tal motivo, para nuestra investigación, la muestra fue representada por la ejecución de actividades que constituyen la construcción de un colegio. (Alayza et al., 2020). Para finalizar, la unidad de estudio fue representada por la construcción de un colegio público.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Tabla 1. *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Variable	Técnica	Instrumento	Fuente / Información
Independiente: Lean Construction	Análisis documental	Formato para el cálculo del takt time (Tabla 3)	Construcción de un colegio
	Análisis documental	Formato de value stream mapping (Figura 3)	Construcción de un colegio
	Observación directa	Diagrama de Ishikawa (Anexo 5)	Construcción de un colegio
	Análisis documental	Formato del porcentaje del plan de cumplimiento (Anexos 9 y 10)	Construcción de un colegio
	Análisis documental	Formato de planificación de los materiales - MRP (Anexo 11)	Construcción de un colegio

	Análisis documental	Formato para determinar la eficiencia (Anexo 6)	Construcción de un colegio
Dependiente: Productividad	Análisis documental	Formato para determinar la eficacia (Anexo 7)	Construcción de un colegio
	Análisis documental	Formato para determinar la productividad de mano de obra (Anexo 8)	Construcción de un colegio

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la validez, para los autores Hernández, Fernández y Baptista (2014) es el grado de un instrumento dentro del que se determina la variable de un estudio en específico. Por ende, para poder validar la totalidad de los instrumentos para recolectar datos a usar se ejecutó el sistema llamado “juicio de expertos”, para llevarlo a cabo, se solicitó a 3 especialistas la verificación y validación de los datos brindados. Por último, se efectuó una escala de validez para el cálculo del nivel de aplicabilidad de los instrumentos.

3.5 Procedimientos

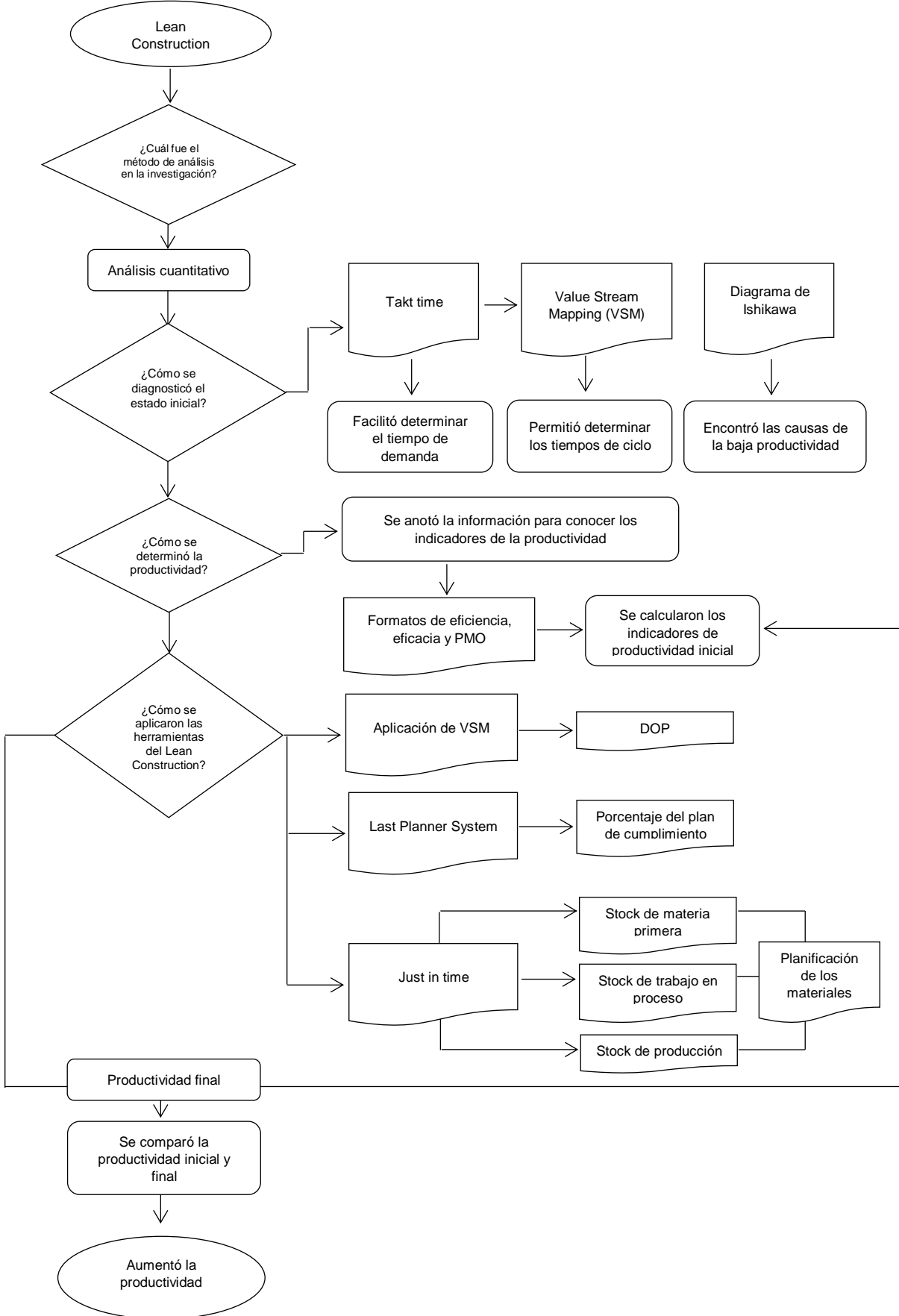


Figura 2. Diagrama de flujo de procedimiento

Fuente: Elaboración propia

3.6 Método de análisis de datos.

Tabla 2. Métodos de análisis de datos

Objetivo específico	Técnica	Instrumento	Resultado
Efectuar un diagnóstico actual de los procesos en la construcción de un colegio público	Análisis de datos	Formato del cálculo del takt time (Tabla 3)	Facilitó el cálculo de los tiempos de demanda en cuestión al avance
		Formato de VSM (Figura 3)	Ayudó a conocer los TC del proceso productivo
	Observación directa	Diagrama de Ishikawa (Anexo 5)	Permitió determinar las causas raíces de los problemas
Determinar la productividad antes de aplicar el Lean Construction en la construcción de un colegio público	Análisis de datos	Formato para determinar la eficiencia (Anexo 6)	Se calculó la productividad antes de aplicar las herramientas del Lean Construction
		Formato para determinar la eficacia (Anexo 7)	
		Formato para determinar la PMO (Anexo 8)	
Aplicar la filosofía del Lean Construction dentro de la construcción de un colegio público	Análisis de datos	Formato del porcentaje del plan de cumplimiento (Anexos 9 y 10)	Se logró reducir los desperdicios existentes en el proceso de creación de un colegio
		Formato de planificación de materiales (Anexo 11)	
Determinar la productividad después de aplicar Lean Construction	Análisis de datos	Formato para determinar la eficiencia (Anexo 14)	Se calculó la productividad después de aplicar las herramientas del Lean Construction
		Formato para determinar la eficacia (Anexo 15)	
		Formato para determinar la PMO (Anexo 16)	
Comparar la productividad antes y después de la aplicación del Lean Construction	Estadística descriptiva	Formato de comparación de los indicadores de la pre y post productividad (Tablas 12, 13 y 14)	Permitió determinar el porcentaje de aumento de los indicadores de la productividad.
	Estadística inferencial	Prueba T de Student	Permitió determinar la diferencia entre la pre y post productividad.

Fuente: Elaboración propia

3.7 Aspectos éticos.

La investigación presente fue formulada concorde al código de ética de la UCV, comprimiendo con cada uno de los señalados por la Resolución de Consejo Universitario N°0275-2020/UCV. Por ello, según el art. número cuarto, investigación de personas, se recalcó que, durante la relección de datos, los investigadores se comprometieron a no dar ningún tipo de datos sobre las personas incluidas durante la ejecución de la investigación. Del mismo modo, según el artículo orctavo, responsabilidad del autor, los investigadores se comprometieron a actuar con respeto desde el inicio, la aplicación y la finalización del estudio de investigación. Así mismo, según al artículo séptimo de la publicación de los trabajos, los investigadores dieron su aprobación para que el trabajo fuese publicado en cuanto se culminase, siguiendo lo lineamiento propuestos por la normativa y la política de la editorial en donde sea publicado. Finalmente, según el artículo noveno, con respecto a la política anti plagio, los investigadores subieron su trabajo al programa turnitin para ver las comparativas con otras investigaciones realizadas, y así, se identificó aquellas incidencias con las fuentes que fueron utilizadas como base para el progreso de la presente investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico del proceso de construcción de un colegio público.

Como efecto del primer objetivo se fueron necesarios tres instrumentos, siendo el primero el cálculo del takt time (Tabla 3), a través de esta herramienta se logró determinar la demanda, en términos de avance de obra, en donde se tomaron como datos: el tiempo y la producción deseada, para su realización se hizo uso de una tabla de datos de producción (Anexo 3)

La segunda herramienta utilizada fue el VSM (Figura 3), mediante el cual se consiguió hallar los tiempos de ciclo; en términos de avance real de la obra; a través de los datos de la producción lograda y los tiempos utilizados (Anexo 4), además, a través de esta herramienta se determinó cuáles eran los problemas existentes dentro de la línea, así como también se logró realizar una comparación entre el takt time y los tiempos de ciclo.

Finalmente, se empleó en diagrama de Ishikawa (Anexo 5), en donde se profundizaron y detallaron todos los problemas encontrados dentro del proceso.

Tabla 3. Datos para el cálculo del takt time

Datos para el proceso de construcción de un colegio	Cantidad	Unidad
Plazo contractual	280	Días
Demanda de producción en el plazo contractual	100	%
Periodo del primer cuatrimestre	100	Días
Demanda de producción para el periodo de pre-prueba	38	%

Fuente: Elaboración propia

$$\begin{aligned} Takt\ time &= \frac{100\ \text{días}}{38\ \% \text{ de avance}} \\ &= \frac{38\% \text{ de avance}}{100\ \text{días}} = 0.38\% \text{ avance/día} \end{aligned}$$

La demanda esperada para la construcción del colegio era 0.38% de avance por día calendario. Pero aún era necesario determinar cuál era el porcentaje de avance real del proceso; y así, con ambos datos poder determinar si el proyecto se ajustaba a la demanda establecida, para ello se utilizó el VSM.

Con el Value Stream Mapping (Figura 3) se lograron calcular los tiempos de ciclo del proceso.

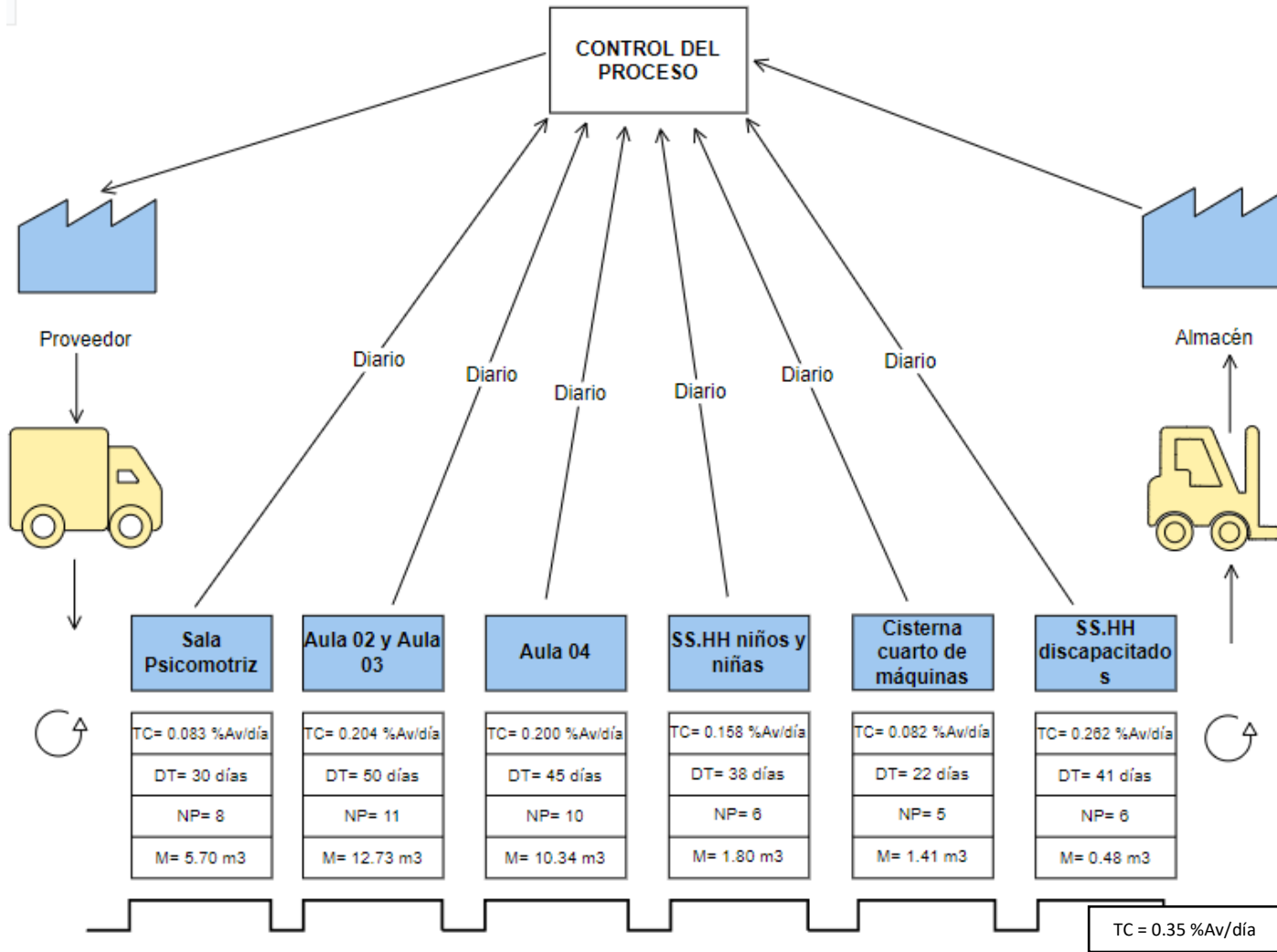


Figura 3. Mapa de flujo de valor

Fuente: Elaboración propia

En el VSM (Figura 3) se observó que en los primeros 4 meses (100 días de ejecución) del proceso de construcción de un colegio se ejecutaron las siguientes partidas: sala psicomotriz, aula 02, aula 03, aula 04, servicios higiénicos para niños y niñas, servicios higiénicos para discapacitados y el cuarto de máquinas. El tiempo de ciclo correspondiente al periodo de pre-prueba fue de 0.35% avance de obra/día, mientras que la demanda esperada era de 0.38% avance de obra/día, es decir, no se cumplía con el avance de obra diario esperado, hubo un retraso del 3% durante el primer trimestre ya que se esperaba una culminación del 38% de la obra y solo se logró el 35%.

Como consecuencia se tuvo una reducción de pagos en la valorización ya que los metrados fueron menor a los esperados.

Es debido a ello que se usó el diagrama de Ishikawa (Anexo 5) para poder profundizar en las causas raíces que permitían el conflicto central denominado “Atrasos en obra por falta de materiales”. Dentro de las causas raíces principales se encontraban: El desorden en almacén, la falta de pedidos de materiales, pérdida de materiales por mal inventariado, falta de formatos de control de los materiales, falta de metodologías y tiempos improductivos por paradas.

4.2. Productividad antes de aplicar la metodología del Lean Construction

Para el desarrollo del segundo objetivo, se realizaron cálculos de eficiencia, eficacia y PMO. Para el cálculo de la eficiencia se necesitó información de la producción diaria, las horas trabajadas y las paradas (Anexo 6)

Tabla 4. Eficiencia antes de la implementación del Lean Construction

Mes	Número de operarios	N° de cuadrilla	Tiempo útil (hr)	Tiempo empleado (h)	Eficiencia (%)
Agosto	8	Cuadrilla 1	6	8	73.75
Septiembre	8	Cuadrilla 1	6	8	73.89
	11	Cuadrilla 2	7	8	
	10	Cuadrilla 3	7	8	
Octubre	6	Cuadrilla 1	6	8	72.88
	11	Cuadrilla 2	6	8	
	10	Cuadrilla 3	5	8	
Noviembre	6	Cuadrilla 1	5	8	73.29
	5	Cuadrilla 2	5	8	
	6	Cuadrilla 3	5	8	
PROMEDIO DE EFICIENCIA (%)					73.45

Fuente: Elaboración propia

Cada cuadrilla realizaba diversas actividades (cuadrilla 1, 2 y 3), por ello, cada una de ellas contaba con un tiempo útil diferente. El tiempo útil era la cantidad de horas reales trabajadas, es decir, se descontaban los tiempos muertos por paradas. En cuanto al método de trabajo de cada cuadrilla, cada una de ellas trabajaba en paralelo en un módulo de construcción distinto, según lo observado en el Anexo 6, durante el mes de agosto solo trabajó una cuadrilla en la construcción del módulo de la sala psicomotriz durante 10 días, debido a que ese fue el periodo de inicio de la obra; también, se observó en dicha tabla que, las actividades pendientes de dicho módulo se concretaron durante el mes siguiente (Septiembre).

La Eficiencia promedio obtenida antes de la aplicación de Lean Construction fue de 73.45%, según lo hallado en la información recolectada, los atrasos se debían potencialmente al fallo logístico en la compra de materiales y al alto grado de desorden que existía en almacén, puesto que no se encontraban los materiales a utilizar, por ende, se generaban retrasos.

Posteriormente, se realizó el cálculo de la eficacia, para ello, se utilizaron datos del porcentaje real de avance obra y el porcentaje de avance de obra esperado (Anexo 7), con la finalidad de determinar si se cumplía con la demanda requerida.

Tabla 5. *Eficiencia antes de la implementación del Lean Construction*

Mes	Porcentaje Avance de Obra planificado (%)	Porcentaje de avance de obra real (%)	Eficacia (%)
Agosto	0.82	0.82	100.00
Septiembre	14.91	15.90	106.64
Octubre	12.65	10.98	86.80
Noviembre	9.61	7.30	75.96
PROMEDIO DE EFICACIA (%)			92.35

Fuente: Elaboración propia

La eficacia promedio durante el periodo de pre-prueba fue del 92.35%, es decir, la empresa no cumplió al 100% con el avance de obra exigido por la entidad para el primer cuatrimestre, este atraso ocasionó que la empresa cobrase menos de lo que correspondía en las valorizaciones.

Finalmente, se realizó el cálculo de la PMO, para ello, se utilizaron datos del porcentaje real de avance (producción), el tiempo de trabajo dentro del periodo de pre-prueba (Ago, Sep, Oct y Nov); y el número de operarios por cada mes (Anexo

8), con la finalidad de determinar el porcentaje de avance de obra por cada hora hombre trabajada.

Tabla 6. *Productividad de mano de obra antes de la implementación del Lean Construction*

Mes	Porcentaje de avance de obra (Producción)	Tiempo trabajado (Horas)	Número de operarios	PMO (% Av/H-h)
Agosto	0.82	80	8	0.0013
Septiembre	15.90	240	29	0.0023
Octubre	10.98	240	27	0.0017
Noviembre	7.30	240	17	0.0018
PROMEDIO DE PMO (% Av/H-h)				0.0018

Fuente: Elaboración propia

La PMO hallada fue de 0.0018% de avance de obra/H-h, es decir, cada trabajador avanzaba un 0.0018% de la obra por cada hora de trabajo. En muchas oportunidades se observó que la falta de materiales hacía que los trabajadores cesen sus labores, es más, hubo días en los que una u otra cuadrilla de trabajo no acudía a obra debido a que el área de logística no realizaba los pedidos a tiempo. En líneas generales, el atraso de obra se vio reflejado en el bajo índice de los indicadores de producción, ello es atribuido a un déficit de control y planificación de los procesos.

4.3. Aplicación de las herramientas del Lean Construction

Para el empleo del Lean Construction se usaron dos herramientas, siendo la primera el plan de cumplimiento, para ello, se elaboró un cronograma acelerado de actividades de obra debido al porcentaje de atraso que hubo durante el primer cuatrimestre (periodo de pre-prueba). En dicho cronograma acelerado o también denominado, plan de cumplimiento de actividades (Anexo 9) se detallaron 31 tareas correspondientes a la construcción de 6 módulos, también, se colocaron las fechas de inicio y finalización de cada actividad; para así finalmente establecer si se cumplió o no con lo programado en el plan acelerado. Los resúmenes de los hallazgos más resaltantes fueron mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 7. Cronograma de plan de cumplimiento de actividades - diciembre

Partidas	Fecha Inicio	Fecha Final	Días programados	Cumplimiento (%)
Aula 02 y 03	01/12/2021	30/12/2021	30 días	100.00
Aula 04	01/12/2021	15/12/2021	15 días	100.00
SS.HH Niños	10/12/2021	21/12/2021	11 días	100.00
Cisterna de cuarto de máquinas	11/12/2021	28/12/2021	17 días	100.00
SS.HH discapacitados	12/12/2021	28/12/2021	16 días	100.00
Pabellón administrativo	08/12/2021	30/12/2021	22 días	80.00
PROMEDIO DE CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS (%)				96.77

Fuente: Elaboración propia

Se logró observar en la tabla que durante el primer mes de implementación del Lean construction no se logró el cumplimiento del 100% de las actividades programadas, ya que las tareas pertenecientes al módulo de pabellón administrativo quedaron inconclusas, habiéndose concluido solo el 80% de ellas. Cabe recalcar que las actividades que quedaron inconclusas en el primer mes de aplicación, fueron enviadas hacia la planeación de las actividades del segundo mes (enero).

Así mismo, se elaboró un cronograma del plan de cumplimiento para el mes de Enero (Anexo 10), para ello, a través de un cronograma acelerado de actividades se planificaron las tareas a realizarse durante el periodo de aplicación de las herramientas.

Para el logro del cumplimiento al 100% de las actividades, tal y como se logró observar en la tabla 8, se tuvo que planificar y programar los pedidos de materiales (Anexo 10), según la actividad y el periodo de ejecución detallado en los cronogramas acelerados.

Tabla 8. Cronograma de plan de cumplimiento de actividades – enero

Partidas	Fecha Inicio	Fecha Final	Días programados	Cumplimiento (%)
Dirección	03/01/2022	31/01/2022	28 días	100.00
Biblioteca	03/01/2022	31/01/2022	28 días	100.00
SS. HH Damas	03/01/2022	31/01/2022	28 días	100.00
PROMEDIO DE CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS (%)				100.00

Fuente: Elaboración propia

Para la planificación de los pedidos de los materiales (Anexo 11) fue necesario describir cada una de las actividades a realizar durante los 2 meses de aplicación de las herramientas (diciembre y enero); y a su vez, se detallaron los materiales a utilizar en la obra con la finalidad de tener todo lo necesario en la fecha requerida, tal y como lo expresa la metodología del Just in Time. Cabe mencionar que, la planificación de los pedidos y el uso de los materiales ayudó a la empresa en el cumplimiento de las actividades durante la ejecución del cronograma acelerado, ya que ellos venían de un atraso del 3% y era sumamente importante revertir este atraso, para así culminar a tiempo la obra y evitar penalidades.

Finalmente, como parte de la etapa de seguimiento, se realizaron nuevos cálculos para el mapa de flujo de valor tras el empleo de las herramientas del Lean Construction, el objetivo fue determinar si hubo alguna mejora dentro del proceso.

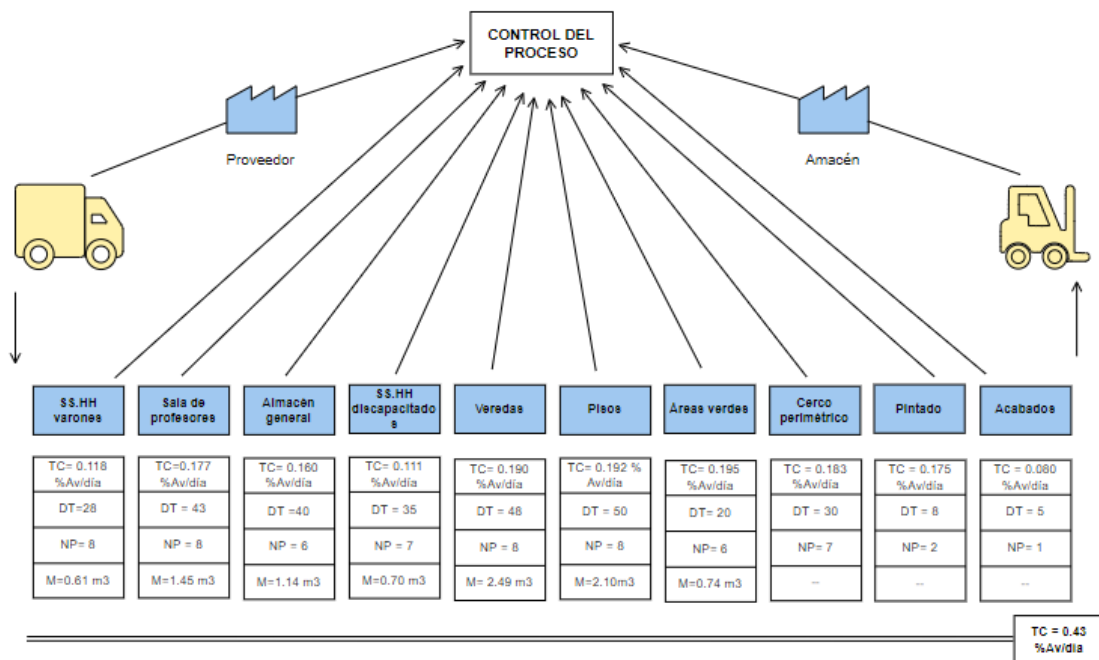


Figura 4. Mapa de flujo de valor

Fuente: Elaboración propia

4.4. Productividad después de aplicar la metodología del Lean Construction

Para el desarrollo del cuarto objetivo, se realizaron cálculos de eficiencia, eficacia y PMO. El objetivo fue contar con indicadores de productividad después de la aplicación del Lean Construction, y así, poder comparar los indicadores durante la preprueba y la postprueba.

Se calculó la eficiencia mediante de los datos de producción diaria, las horas trabajadas y las paradas (Anexo 14)

Tabla 9. Eficiencia después de la implementación del Lean Construction

Mes	Número de operarios	N° de cuadrilla	Tiempo útil (h)	Tiempo empleado (H)	Eficiencia (%)
Febrero	8	Cuadrilla 1	7.42	8	92.86
	8	Cuadrilla 2	7.41	8	
	6	Cuadrilla 3	7.44	8	
Marzo	7	Cuadrilla 1	7.44	8	92.92
	8	Cuadrilla 2	7.40	8	
	6	Cuadrilla 3	7.47	8	
Abril	8	Cuadrilla 1	7.43	8	92.80
	8	Cuadrilla 2	7.42	8	
	7	Cuadrilla 3	7.50	8	
	10	Cuadrilla 4	7.41	8	
Mayo	7	Cuadrilla 1	7.40	8	92.74
	8	Cuadrilla 2	7.42	8	
	8	Cuadrilla 3	7.42	8	
	3	Cuadrilla 4	7.44	8	
PROMEDIO DE EFICIENCIA (%)					92.83

Fuente: Elaboración propia

Durante los meses de Abril y Mayo se contó con 4 cuadrillas de trabajo, mientras que para los meses de Febrero y Marzo solo se contaron con 3 cuadrillas, como se había expresado con anterioridad, cada cuadrilla estaba encargada de la realización de un módulo o también conocido como “partida”. El tiempo útil se calculó con la cantidad de horas reales que trabajó cada cuadrilla durante el mes, es decir, se descontaron los tiempos muertos por paradas. Tal y como se observó en la figura 8, el tiempo útil era cuasi perfecto, ya que, de 8 horas de jornada diaria las cuadrillas trabajaban alrededor de 7.5 horas en promedio.

La Eficiencia promedio adquirida post - aplicación de la filosofía fue de 92.83%, según lo observado en la tabla 8. El resultado más destacable hallado durante la recolección de datos, fue el incremento del tiempo útil, dicho incremento se logró con el empleo de la metodología del Just in Time, que organizó las actividades según el tiempo en el que debían ejecutarse y los materiales a utilizar.

Luego, se realizó el cálculo de la eficacia, para ello, se utilizaron datos del porcentaje real de avance obra y el porcentaje de avance de obra esperado (Anexo 15), con la finalidad de determinar si se cumplía con la demanda requerida.

Tabla 10. *Eficacia después de la implementación del Lean Construction*

Mes	Porcentaje de avance de obra planificado (%)	Porcentaje de avance de obra real (%)	Eficacia (%)
Febrero	13.88	13.88	100.00
Marzo	7.11	7.11	100.00
Abril	16.01	16.01	100.00
Mayo	14.10	14.10	100.00
PROMEDIO DE EFICACIA (%)			100.00

Fuente: Elaboración propia

La eficacia promedio durante el periodo de post-prueba fue del 100%, es decir, la empresa cumplió con todas las actividades que tenía propuestas, en otras palabras, logró culminar la obra en el periodo establecido, evitándose cobros por penalidades en tardanzas.

El logro del 100% de la eficacia fue producto de una mejor organización en la ejecución de los procesos, que se logró a través del uso de las herramientas, tanto el cronograma acelerado (Last Planner System), como la planificación del uso de materiales y pedidos (Just in Time).

Finalmente, se realizó el cálculo de la PMO, para ello, se utilizaron datos del porcentaje real de avance (producción), el tiempo de trabajo durante el periodo de post-prueba (feb, mar, abr y may); y el número de operarios por cada mes (Anexo 16), con la finalidad de determinar el porcentaje de avance de obra por cada hora hombre trabajada.

Tabla 11. *Productividad de mano de obra después de la implementación del Lean Construction*

Mes	Porcentaje de avance de obra (Producción)	Tiempo trabajado (Horas)	Número de operarios	Productividad de mano de obra (% Av/H-h)
Febrero	13.88	224	22	0.0028
Marzo	7.11	240	21	0.0014
Abril	16.01	240	33	0.0020
Mayo	14.10	240	26	0.0020
PROMEDIO DE PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA (% Av/H-h)				0.0021

Fuente: Elaboración propia

La PMO hallada fue de 0.0021 % avance de obra/H-h, es decir, cada trabajador avanzaba un 0.0021% de la obra en una hora de trabajo. El incremento en este indicador, con respecto al anterior, a grandes rasgos indica que existió una mejora antes y después de la aplicación de las herramientas del Lean Construction. Por ejemplo, una de las principales razones para que se produzca el incremento del indicador de PMO fue: la reducción de horas paralizadas por falta de materiales en obra.

4.5. Comparación de las productividades antes y después del Lean

Fueron cotejados la eficiencia, eficacia y PMO, antes y después de la aplicación de Lean Construction (Anexo 17), con el interés de adquirir datos de cambios en las dos etapas, ya sea de aumento o disminución de dichos indicadores.

Se observó un incremento del 26% en los índices de eficiencia, entre los periodos de pre-prueba y post-prueba. El componente principal para conseguir este objetivo fue el aumento de las horas reales trabajadas, a partir de la disminución de las paradas en obra por falta de materiales, sobre todo, se logró este indicador ya que se estableció un cronograma acelerado para los módulos de construcción que aún no se culminaban y habían generado un atraso del 3% en la etapa inicial del proyecto

El indicador de eficacia incrementó en un 5%. Antes de la aplicación de Lean Construction, en obra no se cumplían con el porcentaje de avance de obra planificado por cada día y/o por cada módulo de construcción. Por otro lado, tras la ejecución de las herramientas del Lean, en obra se logró que el porcentaje de obra real obtuviese el mismo valor que el porcentaje de obra planificado. Para el logro de estos índices de eficacia, fue necesario establecer un sistema de inventario a

través del Just in time, ya que con dichos inventarios se buscaba tener todo a tiempo según la actividad a realizar y en el periodo correcto. Además, con la implementación de inventarios, se logró generar un nuevo sistema en el área de almacén, lo que facilitaba el proceso productivo en obra.

La productividad de mano de obra incrementó en un 15%. Antes de la implementación del Lean Construction, el porcentaje de avance de obra diario se veía directamente afectado por las fallas logísticas, existieron días en los que los trabajadores se retiraban de obra por falta de material, así como también hubo tardanzas en las entregas de los materiales por parte de los proveedores. Mediante la implementación de las herramientas del Lean Construction, sobre todo, tras la ejecución del plan maestro (MRP) se logró establecer un mejor control de las actividades a realizar en obra, se programaron cada una de ellos por día de trabajo, así como también los materiales a utilizar, es más, se establecieron las fechas de los pedidos de materiales y el stock con el que se contaba en almacén.

Tabla 12. Comparación del indicador de eficiencia, eficacia y productividad de mano de obra

	Pre-prueba	Post-prueba	Porcentaje de variación
Eficiencia (%)	73.45	92.83	26%
Eficacia (%)	90.69	100.00	10%
Productividad de mano de obra (% Avance de obra /h-H)	0.0018	0.0021	15%

Fuente: Tablas 4, 5, 6, 10 y 11

Para la comprobación de la hipótesis, fue utilitario analizar los datos de la eficiencia con la aplicación de la prueba t, mediante el IBM SPSS Statistics, sin embargo, antes de la contrastación, se hizo un análisis de normalidad, y debido a los datos ($n < 50$) se optó por prueba de Shapiro-Wilk. Se consideró como hipótesis nula (H_0): Los datos poseen una distribución normal. Y como contraparte una hipótesis alternativa (H_1): Los datos poseen una distribución diferente. En la tabla posterior se evidencian los resultados.

Tabla 13. Prueba de normalidad para la eficiencia

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
EFICIENCIA_antes	,937	15	,634
EFICIENCIA_desp	,993	15	,972

Fuente: IBM SPSS Statistics

Para aceptar la hipótesis nula el resultado arrojado de significancia tiene que ser superior a 0.05, así como se mostró en la tabla número 14, los dos valores de significancia arrojaron un resultado superior a 0.05, por ende, los dos datos de eficiencia tenían una distribución normal, en otras palabras, poseían una conducta paramétrica dentro de la investigación.

En cotejación de las muestras ayuntadas, se tuvo una hipótesis nula (H_0): No hay variación entre los datos; y una hipótesis alternativa (H_1): Existe una variación entre los datos. Acompañada de un nivel de confianza de 95% y un límite de error del 5%. En las siguientes tablas se mostró la comparación de las productividades de mano de obra pre y post del uso de las herramientas.

Tabla 14. Estadísticas de muestras emparejadas para la eficiencia

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1 EFICIENCIA_antes	73,4525	16	,45974	,22987
EFICIENCIA_desp	92,8300	16	,07746	,03873

Fuente: IBM SPSS Statistics

Se observaron cuatro datos de eficiencia, los datos pre-aplicación como post-implementación, se pudo corroborar que existió un aumento en las medias de ambos indicadores.

Tabla 15. Correlaciones de muestras emparejadas para la eficiencia

		N	Correlación	Sig.
Par 1	EFICIENCIA_antes y EFICIENCIA_desp	16	,750	,250

Fuente: IBM SPSS Statistics

Tabla 16. Prueba de muestras emparejadas para la eficiencia

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1	EFICIENCIA_antes - EFICIENCIA_desp	- 19,37750	,40492	,20246	- 20,02181	- 18,73319	- 95,711	15 ,001

Fuente: IBM SPSS Statistics

En teoría, si el resultado de significancia es inferior a 0.05 ($p < 0.05$), de manera automática se reconoce la hipótesis alternativa, de otro modo se admite la hipótesis nula. En este estudio, este valor fue de 0,001 que es un valor menor al establecido por la teoría, por ende, solo se admitió la hipótesis alternativa, se infiere que efectivamente existió alteración dentro de los resultados de la eficiencia antes y después de haber efectuado la metodología.

Del mismo modo, la cotejación de las eficacias, se hizo por medio de la prueba t a través de IBM SPSS Statistics. Se dio inicio con la prueba de normalidad.

Tabla 17. Prueba de normalidad para la eficacia

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
EFICACIA_antes	,441	15	,628
EFICACIA_desp	,376	15	,713

Fuente: IBM SPSS Statistics

Con los datos de significancia obtenidos en la tabla 17, se interpretó que ambos datos de eficacia poseían una distribución normal acompañada de un comportamiento paramétrico.

Para la cotejación de las muestras emparejadas se consideró con una hipótesis nula (H_0): No hay variación entre los datos, y una hipótesis alternativa (H_1): Existe una variación entre los datos.

Tabla 18. Estadísticas de muestras emparejadas para la eficacia

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	EFICACIA_antes	99,6000	16	,02162	,01081
	EFICACIA_desp	100,0000	16	,12904	,21470

Fuente: IBM SPSS Statistics

Tabla 19. Correlaciones de muestras emparejadas para la eficacia

		N	Correlación	Sig.
Par 1	EFICACIA_antes y EFICACIA_desp	16	,750	,250

Fuente: IBM SPSS Statistics

Tabla 20. Prueba de muestras emparejadas para la eficacia

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típica	Error típico de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia			
					Inferior			
Pa r 1	EFICACIA_antes - EFICACIA_desp	2138,9900	4294,0216	2147,0108	- 4693,7566	8971,7366	,9965	,001

Fuente: IBM SPSS Statistics

El valor de significancia observado en la tabla 20 fue de 0,001 que es un valor menor al establecido, por ende, se denegó la hipótesis nula y se admitió la alternativa, demostrando que sí hubo variaciones entre los resultados de la eficacia correspondiente a los periodos de pre y post prueba.

Por último, con respecto a la cotejación de los datos de la PMO, se realizó a través de prueba t en el IBM SPSS Statistics. Antes de comparar los datos de la PMO, se realizó una prueba de normalidad.

Tabla 21. Prueba de normalidad para la productividad de mano de obra

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
PROD_MO_antes	,976	15	,880

PROD_MO_desp	,863	15	,272
--------------	------	----	------

Fuente: IBM SPSS Statistics

En la tabla 21 se observa que los dos valores de significancia resultaron ser mayores al 0.05, entonces, se dedujo que ambos datos de productividad tenían una distribución normal acompañada de una conducta paramétrico.

Para la cotejación de las muestras emparejadas se sostuvo una hipótesis nula (H_0): No hay variación entre los datos; y una alternativa (H_1): Existe una variación entre los datos.

Tabla 22. Estadísticas de muestras emparejadas para la productividad de mano de obra

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1 PROD_MO_antes	,001775	16	,0004113	,0002056
PROD_MO_desp	,002300	16	,0003830	,0001915

Fuente: IBM SPSS Statistics

Tabla 23. Correlaciones de muestras emparejadas para la productividad de mano de obra

	N	Correlación	Sig.
Par 1 PROD_MO_antes y PROD_MO_desp	16	-,360	,640

Fuente: IBM SPSS Statistics

Tabla 24. Prueba de muestras emparejadas para la productividad de mano de obra

	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación típica	Error típico de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior				Superior
Par 1 PROD_MO_antes - PROD_MO_desp	- ,0005250	,0006551	,0003276	- ,0015674	,0005174	- 1,603	15 ,001	

Fuente: IBM SPSS Statistics

Según los datos mostrados en la tabla 24 el resultado de significancia fue de 0,001; que es un valor inferior al 0.05, por tal motivo, se denegó la H_0 y se tomó H_1 , en donde se señala que sí existió variaciones entre los resultados de la productividad durante las etapas pre y post pruebas.

Teniendo como base los resultados obtenidos por el IBM SPSS Statistics se llegó a concluir que, usando la metodología del Lean Construction se logró aumentar los principales indicadores de la productividad en el proceso de construcción de un colegio público por el consorcio supervisor El Torito.

V. DISCUSIÓN

Para el diagnóstico del proceso de construcción de un colegio. En primer lugar, se determinó takt time establecido, siendo 0.38 % de avance de obra/ día, mientras que, el tiempo de ciclo a través de la herramienta del VSM fue 0.35 % de avance de obra/día; es decir, no se cumplía con la demanda establecida. Por otro lado, se encontró que, hubo problemas en todos los módulos de construcción, con ayuda del diagrama de Ishikawa se encontró el dilema central estuvieron representados por los retrasos en obra debido a la excases de materiales, esto facilitado por un déficit de control, el desorden a lo largo del proceso, falla de inventarios, pérdida de materiales, errores del personal y metodologías no establecidas. Pérez, Del Toro y López (2018), en su trabajo realizado anifestaron que, a través VSM, buscaron reducir tiempos de construcción de viviendas, durante la etapa de diagnóstico, contaban con una promedio de 14 días por cada vivienda construida, pero, se vieron en la necesidad de contratar mayor personal obrero, debido a que su producción no se ajustaba a la demanda del sector. Así mismo, Rojas, Henao y Valencia (2017) expresaron que, los principales problemas durante su investigación, fueron: entrega de pedidos con atrasos, falta de materiales en obra, deficiente trabajo de los obreros, retrabajos y atrasos de obra en general. Los autores expresaron que, la herramienta VSM es de suma relevancia dentro de la fase de diagnóstico, ya que, ayuda a determinar los tiempos de ciclo y los inconvenientes que se encuentran en ua parte del trabajo, por ello, se concuerda absolutamente con Valencia.

Para ella ejecución de nuestro segundo resultado, se recolectaron datos de un cuatrimestre para el análisis de los diversos indicadores de productividad. Los valores de la eficiencia, la eficacia y la PMO previos a la aplicación de las herramientas del Lean Construction fueron 73.45%, 90.69% y 0.0018 % de avance de obra/H-h, respectivamente. En relación al indicador de la eficiencia, se consiguió un bajo índice, puesto que existió demasiados atrasos en la recepción de los recursos que serán utilizados. Por otro lado, al porcentaje de eficiencia, se obtuvo un porcentaje de 73.45, debido a que existían constantes paradas en obra por falta de materiales y falta del personal obrero. Del mismo modo, con respecto al valor obtenido en la eficacia durante el diagnóstico fue de 90.69%, debido a que no se cumplía con el avance de obra establecido por cada día de trabajo. Finalmente, con

respecto a la PMO, se obtuvo un valor de 0.0018 % de avance de obra/H-h, esto debido a que existieron días en los que los trabajadores se retiraban de obra por falta de material, así como también hubo tardanzas en las entregas de los materiales por parte de los proveedores. Estos indicadores fueron hallados para poder de tener un valor de referencia y así posteriormente contrastarlos con los valores hallados después de la aplicación de la filosofía. En tal sentido, León y Pinado (2019), en su publicación señalaron que durante la etapa de diagnóstico se contaba con una eficiencia del 65% y una eficacia del 71%. Al contrastar los valores obtenidos de las dos investigaciones, coincidimos con lo expuesto por los autores, puesto que los principales indicadores de productividad en obra, le permiten al investigador visualizar panorámicamente el uso de los recursos a usar, por ello, es importante conocer dichos valores.

Respecto a la ejecución del tercer objetivo, aplicación de Lean Construction; se inició con el cálculo del porcentaje del plan de cumplimiento de la obra, dividido en dos meses: diciembre y enero. Como resultados se obtuvo que durante el mes de diciembre hubo un cumplimiento de obra del 96.77%, mientras que, el cumplimiento de obra durante el siguiente mes fue del 100%, debido a que durante el primer mes aún no se implementaban todas las herramientas del Lean en su totalidad, caso contrario a lo que ocurre en el mes de enero, en el que se cumplió con la construcción de todos los módulos programados. Por ello, se concuerda con Torres (2018), ya que expresó que tras la implementación del Lean Manufacturing logró que el porcentaje ascienda de 53% a 75%. Además, expresó que la implementación de un plan de cumplimiento de actividades en obra trajo beneficios para el proceso, ya que, se establecieron fechas de inicio y culminación para cada una de las actividades. Con respecto al fundamento teórico, se concuerda con Binninger Dlouhy y Hagheno (2017), ya que expresaron que el takt time es aquel tiempo establecido por el cliente, pero cuando hablamos de la ejecución de una obra, el indicador del Takt Time es un tiempo que refleja el plazo en el que se deben lograr ciertas metas y se encuentra definido por la entidad, evidenciándose en el tren de actividades y el plan de cumplimiento; tal y como se expresó en la presente investigación, las unidades de medida del takt time fueron % de avance de obra/día de producción.

La segunda herramienta usada fue la planificación del uso de materiales, su implementación se dividió en dos meses de aplicación: diciembre y enero. Durante el mes de diciembre se construyeron 6 módulos, los cuales incluyen el aula 02 y 03, el aula 04, los servicios higiénicos para niños y niñas, el cuarto de máquinas, los servicios higiénicos para discapacitados y parte del pabellón, para que el almacén no se encuentre desabastecido de materiales fue necesario programar las actividades a realizar por cada módulo de construcción con sus respectivas fechas de uso de materiales, de esta forma se logró un orden durante la ejecución de actividades y una mejor gestión de materiales en el área de almacén. Para el mes de enero se realizó el mismo procedimiento, ajustando el cronograma a los nuevos módulos de construcción establecidos para dicho periodo, se construyeron los módulos de: dirección, la biblioteca y los servicios higiénicos para damas; nuevamente, se establecieron las tareas a ejecutar en conjunto con los materiales requeridos para dichas actividades, así mismo, se mencionó la fecha exacta en la que debían ser utilizados los materiales y la fecha en la que se debían realizar los nuevos requerimientos, con la finalidad de no quedarse sin un stock de respaldo. Millones (2020) durante su investigación logró ajustar su tiempo de producción de 98 a 68 días, ya que la entidad y la supervisión, le solicitaban hacer la entrega de obra en 70 días, para lograr dichos tiempos de producción tuvieron que implementar un programa de uso de materiales y un cronograma de actividades. El autor señala que estos hallazgos obtenidos responden a los bienes gestionados de manera eficiente (Mano de obra, equipo y materiales), por lo cual se coincide plenamente.

Para el desarrollo de la discusión del cuarto y quinto objetivo, fue necesario recolectar información de producción en un cuatrimestre sobre los principales indicadores de productividad en el proceso productivo de un colegio. En el cual se consiguieron las siguientes conclusiones: se aumentó en un 26%, 10% y 15% los indicadores de eficiencia, eficacia y PMO, respectivamente. En los 3 indicadores se vislumbraron una mejoría, la más resaltante fue en el indicador de eficiencia, debido al aumento de las horas reales trabajadas, sobre todo, se logró este indicador ya que se estableció un cronograma acelerado para los módulos de construcción que aún no se culminaban y habían generado un atraso del 3% en la etapa inicial del proyecto. El indicador de PMO mostró un crecimiento del 15%, gracias a que antes de la implementación de las herramientas del Lean Construction, el porcentaje de

avance de obra diario se veía directamente afectado por las fallas logísticas, existieron días en los que los trabajadores se retiraban de obra por falta de material, así como también hubo tardanzas en las entregas de los materiales por parte de los proveedores. Finalmente, el indicador de eficacia mostró un crecimiento del indicador del 10%, debido que en obra no se cumplía con el porcentaje de avance de obra planificado por cada día y/o por cada módulo de construcción. Salazar (2021) en su publicación realizó observaciones respecto a que los valores conseguidos fueron útiles, esto debido a que las unidades básicas de producción, aumentaron en un 12% y 29% con respecto a la eficiencia y eficacia, además, expresó que en las organizaciones debe empezar con un cambio en la mente de los colaboradores, ya que en la mayoría de casos este suele ser el factor más complicado de mejorar. Por otro lado, Marín y Correa (2020) en su publicación expusieron que después de la aplicación de la filosofía Lean se logró consumir las metas.

Por ese lado, tras comparar los diversos resultados en nuestra investigación se coincide en su totalidad con los investigadores, a su vez se puede afirmar en que, para ambos casos, el uso de la filosofía del Lean Construction trajo a su vez cambios positivos dentro de las empresas. Es de relevante importancia que estas conozcan el valor de cada uno de sus indicadores de productividad, pero, es aún más estar en la persecución de mejorar sus indicadores, con el fin de lograr un mayor orden en cuanto al cumplimiento de las actividades y mayor utilidad/provecho para la empresa.

V. CONCLUSIONES

1. Se concluye que la aplicación de la filosofía Lean Construction influyó de manera positiva en el estudio; puesto que, hubo un incremento y mejora en los indicadores usados para medir la productividad dentro del proceso de construcción.
2. En lo competente al diagnóstico que se realizó, se aplicó el VSM en el que resultó un TC de 0.35 % de avance de obra/día. A su vez, después de hacer uso de Ishikawa, se resolvió que el inconveniente principal de la espina eran los atrasos en obra por falta de materiales.
3. La eficiencia, eficacia y PMO obtenidas previo a ser sometidas a las herramientas del Lean Construction fueron 73.45%, 90.69% y 0.0018 % avance de obra/día, respectivamente.
4. Tras la implementación del plan de cumplimiento, se obtuvo que, durante el mes de diciembre solo se cumplió con la realización del 96.77% de las actividades establecidas; mientras que, durante el mes de enero se cumplió con el 100% de las actividades estipuladas en el plan. La segunda herramienta aplicada fue el plan de uso de materiales, a través del cual se establecieron 6 módulos de construcción para el mes de diciembre, así mismo, se asignaron las tareas por cada módulo, la lista de materiales a utilizar y la fecha de ejecución de cada actividad; para el mes de enero, se establecieron 3 módulos de construcción, los cuales fueron: dirección, biblioteca y servicios higiénicos para damas.
5. La eficiencia, eficacia y la PMO obtenida posterior a la implementación de Lean Construction fue de 92.83%, 100% y 0.0021 % de avance de obra/ día de producción, respectivamente.
6. Tras realizar la comparativa entre los las productividades en ambos periodos (pre y post) en nuestro estudio, se llegó afirmar que: La eficiencia tuvo un incremento en un 26%; de igual manera, la eficacia aumentó en un 10% y la productividad de PMO incrementó en un 15%, aquellas comparativas se hicieron tomando en cuenta los resultados conseguidos durante las etapas de pre y post prueba del estudio de investigación.

XI. RECOMENDACIONES

1. Respecto a los objetivos establecidos en el trabajo de investigación de la construcción de un colegio, se hicieron recomendaciones, las cuales son:
2. Se debe medir el Takt Time y el TC cada 30 días para conseguir un resultado medible que nos de un panorama respecto al cumplimiento a la demanda exigida.
3. Se tiene que determinar la productividad del proceso de forma semanal, para poder conocer los índices de productividad, y así se podrá facilitar el tener un mejor control del proceso y nos plasmará los tiempos para la ejecución de un plan de acción.
4. En lo que compete a la aplicación del Lean Construction, se recomienda al residente de obra realizar la capacitación al almacenero y peones respecto a orden, organización, uso de materiales y requerimiento de los mismos. Así mismo, el responsable de almacén es quien tiene que establecer un programa de requerimiento de materiales para no quedarse sin stock bajo ninguna circunstancia durante el proceso de construcción. Por otro lado, el asistente de residencia debe ser el encargado de implementar y calcular los principales indicadores de productividad semanalmente para tener un mayor control sobre el proceso. Finalmente, los maestros, operarios y ayudantes de construcción serán los responsables de cumplir con lo establecido por la metodología e implementar a fin de lograr un proceso sin atrasos.
5. La constructora debe medir sus indicadores de manera constante, y a la vez realizar esta medición cuando se haya adicionado, alterado o modificado algún componente que altere los indicadores de cada proceso. La razón de esto, es que ayudará a conocer si este hecho tuvo efectos positivos o negativos.

REFERENCIAS

ALARCON L., RODRIGUEZ Z y LAGOS C., 2017. *CONSTRUCTION: Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de Construcción* [en línea]. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318217002_Lean_Construction_Manual_Practico_de_Herramientas_de_Mejoramiento_de_Construccion.

ALAYZA, C., CORTÉS, G., HURTADO, G., MORY, E. y TARNAWIECKI, N., 2020. Iniciarse en la investigación académica [Capítulo 1]. En: UPC (UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS) (ed.), *Iniciarse en la Investigación Académica* [en línea], 1. pp. 155-160. [Consulta: 17 octubre 2021]. DOI 10.19083/978-612-4041-40-2. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/556690>.

ANDÚJAR, M., GALIANO, A., RIZO, C. y ECHARRI, V., 2019. BIM AND LEAN CONSTRUCTION INTERACTIONS: A STATE-OF-THE-ART REVIEW. *WIT Transactions on The Built Environment* [en línea]. S.l.: WIT Press, pp. 1-13. [Consulta: 14 octubre 2021]. Disponible en: <http://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-the-built-environment/192/37527>.

BAENA PAZ, G., 2017. *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Serie integral por competencias* [en línea]. 3. Ciudad de México: Grupo Editorial La Patria. ISBN 9786077440031. Disponible en: <http://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384093.pdf>.

BHAMU, J. y SINGH SANGWAN, K., 2014. Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management* [en línea], vol. 34, no. 7, pp. 876-940. [Consulta: 17 octubre 2021]. ISSN 0144-3577. DOI 10.1108/IJOPM-08-2012-0315. Disponible en: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJOPM-08-2012-0315/full/html>.

BINNINGER, M., DLOUHY, J. y HAGHSHENO, S., 2017. Technical Takt Planning and Takt Control in construction. *IGLC 2017 - Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, no. August, pp. 605-612. DOI 10.24928/2017/0297.

CABALLERO, S., ZAMBRANO, B. y PONCE, E., 2018. Estado actual de la aplicación de la metodología lean construction en la gestión de proyectos de construcción en Colombia. *Ingeniare* [en línea], no. 25, pp. 27-60. Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ingeniare/article/view/5968>.

CADENA, O.M., 2018. Gestión de la calidad y productividad [en línea]. Sangolquí: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. [Consulta: 17 octubre 2021]. ISBN 978-9942-765-35-2. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/332899560_GESTION_DE_LA_CALIDAD_Y_PRODUCTIVIDAD_publicado_2018.

CAVERO LEÓN, J.J., 2018. Mejoramiento de la productividad en la construcción del canal de irrigación L2 Número 1, aplicando Lean Construction, distrito de Aucallama – Huaral – Lima, 2018 [en línea]. S.I.: Universidad César Vallejo. [Consulta: 17 octubre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27535>.

DE LA VEGA POLANCO, M., 2021. Perú puede tener un boom en la construcción. *El Peruano* [en línea]. Lima, 26 abril 2021. [Consulta: 21 septiembre 2021]. Disponible en: <https://elperuano.pe/noticia/119555-peru-puede-tener-un-boom-en-la-construccion>.

FERNÁNDEZ VÁZQUEZ NOGUEROL, M., RODRÍGUEZ GARCÍA, M. y PRADO PRADO, J.C., 2018. Aplicación de técnicas Lean Construction a través de un método de Action Research en los procesos de gestión de una empresa constructora. *Dirección y Organización* [en línea], vol. 65, no. 65, pp. 90-103. ISSN 2171-6323. DOI 10.37610/dyo.v0i65.530. Disponible en: <https://www.revistadyo.es/DyO/index.php/dyo/article/view/530>.

FONTALVO HERRERA, T., DE LA HOZ GRANADILLO, E. y MORELOS GÓMEZ, 2018. LA PRODUCTIVIDAD Y SUS FACTORES: INCIDENCIA EN EL MEJORAMIENTO ORGANIZACIONAL. *Dimensión Empresarial* [en línea], vol. 16, no. 1, pp. 47-60. [Consulta: 17 octubre 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-85632018000100047&lng=en&nrm=iso&tlng=es.

GONZALES, J.A., 2021. *Diseño y metodología de la investigación* [en línea]. 1. S.I.:

ENFOQUES CONSULTING EIRL. ISBN 9786124844423. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/352157132_DISENO_Y_METODOLOIA_DE_LA_INVESTIGACION.

GUTIÉRREZ, H., 2014. Calidad Total y Productividad [en línea]. 3. México D.F: Mc Graw Hill. ISBN 9786071503152. Disponible en: <https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/56cf64337c2fcc05d6a9120694e36d82.pdf>.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación* [en línea]. 6. México D.F: Mc Graw Hill. ISBN 9788578110796. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.Hernandez,Fernandez,yBaptista-MetodologíaInvestigacionCientifica6taed.pdf>.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. y MENDOZA TORRES, C.P., 2018. *Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta* [en línea]. S.I.: Editorial Mc Graw Hill Education. [Consulta: 17 octubre 2021]. ISBN 978-1-4562-6096-5. Disponible en: [http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología de la investigación.pdf](http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología%20de%20la%20investigación.pdf).

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, 2021. Informe Técnico de Producción Nacional. [en línea]. Lima: Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/09-informe-tecnico-produccion-nacional-jul-2021.pdf>.

LATORRE URIZ, A., SANZ, C. y SÁNCHEZ, B., 2019. Aplicación de un modelo Lean-BIM para la mejora de la productividad en redacción de proyectos de edificación. *Informes de la Construcción* [en línea], vol. 71, no. 556, pp. 313. ISSN 1988-3234. DOI 10.3989/ic.67222. Disponible en: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/5977>.

LEÓN UNTIVEROS, J.L. y PINADO SANTOS, M.Á., 2019. Aplicación de conceptos de la filosofía lean construction y la productividad en la obra “creación de piscigranja para la producción” [en línea]. S.I.: UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO..

MACELI, S. y ANIKA, P., 2017. *Innovación En El Sector De La Construcción Del Perú: Estado Actual Y Diagnóstico* [en línea]. S.I.: Universitat Politècnica de

Valencia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/78144>.

MADARIAGA, F., 2013. *Lean manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. S.l.: s.n. ISBN 9788468628141.

MARIN GARCIA, J.A., BAUTISTA POVEDA, Y. y GARCIA SABATER, J.J., 2014. Levels in the evolution of continuous improvement: A multiple case study. *Intangible Capital* [en línea], vol. 10, no. 3, pp. 584-618. ISSN 1697-9818. DOI 10.3926/ic.425. Disponible en: <http://www.intangiblecapital.org/index.php/ic/article/view/425>.

MARIN, N. y CORREA, L., 2020. Metodología Lean Construction en la mejora de la producción, caso de estudio: red de alcantarillado Av. Cieza De León – La Purísima. *Revista Científica Pakamuros* [en línea], vol. 8, no. 3, pp. 13-24. ISSN 2522-3240. DOI 10.37787/pakamuros-unj.v8i3.135. Disponible en: <http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/135>.

MILLONES MATEUS, M., 2020. Management methodology based on lean construction and PMBOK; To improve productivity in construction projects. *Véritas* [en línea], vol. 21, no. 2, pp. 39-44. ISSN 1684-7822. DOI <https://doi.org/10.35286/veritas.v21i2.276>. Disponible en: <https://revistas.ucsm.edu.pe/ojs/index.php/veritas/article/view/276>.

MS BAJJOU, A.C., ENNADI, A. y HAMMOUMI, M. El, 2017. “Las relaciones prácticas entre las herramientas de construcción ajustada y el desarrollo sostenible: una revisión de la literatura”. *Revista Estadounidense de Ingeniería Civil y Arquitectura* [en línea], vol. 9, no. 4, pp. 177. [Consulta: 17 octubre 2021]. DOI 10.12691. Disponible en: <http://www.sciepub.com/reference/371197>.

ÑAUPAS, H. y PAITÁN, MARCELINO RAÚL VALDIVIA DUEÑAS, JESÚS JOSEFA PALACIOS VILELA, H.E.R.D., 2018. Summary for Policymakers. En: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (ed.), *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis* [en línea]. Cambridge. Disponible en: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/CBO9781107415324A009/type/book_part.

NICHOLSON, K.P., PAGOWSKY, N. y SEALE, M., 2019. Just-in-time or just-in-case? Time, learning analytics, and the academic library. *Library Trends*, vol. 68,

no. 1, pp. 54-75. DOI 10.1353/LIB.2019.0030.

OTZEN, T. y MANTEROLA, C., 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology* [en línea], vol. 35, no. 1, pp. 227-232. [Consulta: 17 octubre 2021]. ISSN 0717-9502. DOI 10.4067/S0717-95022017000100037. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

PÉREZ GÓMEZ MARTÍNEZ, G.J.F., DEL TORO BOTELLO, H.Y. y LÓPEZ MONTELONGO, A.M., 2019. Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling: caso estudio. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información* [en línea], vol. 7, no. 14, pp. 110-121. ISSN 23870893. DOI 10.36825/RITI.07.14.010. Disponible en: <http://www.riti.es/ojs2018/inicio/index.php/riti/article/view/211>.

PONS ACHELL, J.F., 2014. *Introducción a Lean Construction* [en línea]. 1. Madrid: Fundación Laboral de la construcción. ISBN 978-84-09-27426-0. Disponible en: <https://www.activatie.org/publicacion?1044-Lean-Construction:-las-10-claves-del-éxito-para-su-implantación>.

PONS ACHELL, J.F. y RUBIO PÉREZ, I., 2019. *LEAN CONSTRUCITON y la planificación colaborativa* [en línea]. 1. Madrid: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España (CGATE). ISBN 9788409106097. Disponible en: <https://www.cgate.es/pdf/LEAN CONSTRUCTION PDF Web.pdf>.

PORRAS DÍAZ, H., SÁNCHEZ RIVERA, O.G. y GALVIS GUERRA, J.A., 2014. Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción. *Avances Investigación en Ingeniería* [en línea], vol. 11, no. 1, pp. 32. ISSN 1794-4953. DOI 10.18041/1794-4953/avances.1.298. Disponible en: <http://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/298>.

PROAÑO VILLAVICENCIO, D.X., GISBERT SOLER, V. y BERNABEU, E.P., 2017. METODOLOGÍA PARA ELABORAR UN PLAN DE MEJORA CONTINUA. *3C Empresa. Investigación y pensamiento crítico* [en línea], pp. 50-56. [Consulta: 17 octubre 2021]. ISSN 2254-3376. Disponible en: <https://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-empresa/article/view/576>.

RAMOS, J.A., DÁVALOS, C., LÓPEZ, A. y RODRÍGUEZ, A., 2015. Contrucción: Análisis para la implementación del modelo Lean en el sector de la construcción. *Cultura Científica y Tecnológica* [en línea], vol. 1, no. 56, pp. 33-40. ISSN 2007-0411. Disponible en: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/689>.

ROJAS LÓPEZ, M.D., HENAO GRAJALES, M. y VALENCIA CORRALES, M.E., 2017. Lean construction – LC bajo pensamiento Lean. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* [en línea], vol. 16, no. 30, pp. 115-128. ISSN 16923324. DOI 10.22395/rium.v16n30a6. Disponible en: <http://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/1163>.

SALAZAR MORY, H.R., 2021. *OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD, EN OBRAS DEL SECTOR RETAIL, APLICANDO LEAN CONSTRUCTION PARA LA EMPRESA CORPORACION BRINPER S.A.C. 2021* [en línea]. S.l.: Universidad Privada del Norte. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27349>.

SALONITIS, K. y TSINOPOULOS, C., 2016. Drivers and Barriers of Lean Implementation in the Greek Manufacturing Sector. *Procedia CIRP* [en línea], vol. 57, pp. 189-194. ISSN 22128271. DOI 10.1016/j.procir.2016.11.033. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.033>.

SAMAD, G. EI, HAMZEH, F.R. y EMDANAT, S., 2017. Last Planner System – the Need for New Metrics. *IGLC 2017 - Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* [en línea]. S.l.: The International Group for Lean Construction, pp. 637-644. [Consulta: 17 octubre 2021]. DOI 10.24928/2017/0218. Disponible en: <http://iglc.net/Papers/Details/1368>.

SANGERS, J., 2016. *Tiempo Efectivo* [en línea]. S.l.: Creative Commons de Reconocimiento 4.0. Disponible en: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES.

TORRES URRUNAGA, R.J.P., 2018. *ANÁLISIS Y MEJORA DE LA PRODCUTIVIDAD APLICANDO LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA AV. PEDRO MIOTTA EN SAN JUAN DE MIRAFLORES-LIMA* [en línea]. S.l.: Universidad San Martin de Porres. Disponible en: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/9791/1/2019_Chumacero-

Santivañez.pdf.

VELÁSQUEZ, Y., RODRÍGUEZ, C. y GUAITA, W., 2012. *Modelo de los productividades factores que afectan la productividad* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 17 octubre 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4248489>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Independiente: Lean Construction	Es una filosofía de mejora continua que permite perfeccionar el proceso productivo de una obra, enfocándose en identificar y acentuar cualquier tipo de desperdicio que se encuentre concurrentemente en un determinado proceso (Madariaga, 2013)	Para aplicar las herramientas de la construcción esbelta, primero, es necesario realizar la fase de diagnóstico, en donde se utilizará la herramienta del mapa de flujo de valor (VSM) con el fin de tener un panorama general de los procesos de la obra. En la segunda fase, se aplicarán herramientas de implementación que inicia con la aplicación del Last Planner System y finaliza con la utilización del Just in Time. Para culminar, en la tercera etapa se realizará un seguimiento, por lo cual será necesario efectuar un nuevo mapa de flujo de valor (VSM) con la finalidad de visualizar los cambios efectuados como producto de la aplicación de la metodología.	D_1 : Diagnóstico	$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo real trabajado}}{\text{Producción Planificada}}$	Razón
				Value Stream Mapping - Tiempo de ciclo total y tiempo de ciclo de las actividades	Razón
				Análisis de las causas raíces (Diagramas de Ishikawa)	Nominal
			D_2 : Aplicación	Last Planner System - Porcentaje (%) del plan de cumplimiento	Razón
				Just in Time - Stock de materia prima - Stock de trabajo en proceso - Producción	Nominal
			D_3 : Seguimiento	Value Stream Mapping - Tiempo de ciclo total y tiempo de ciclo de las actividades	Razón

<p>Dependiente: Productividad</p>	<p>Es la relación entre la producción alcanzada en el proceso productivo y la cantidad de recursos utilizados para su cumplimiento. Los resultados obtenidos pueden ser cuantificados en unidades producidas o en rentabilidad económica. Puede calcularse por: número de trabajadores, materia prima, tiempo total trabajado, horas máquinas, entre otros (Gutiérrez 2014)</p>	<p>La productividad será medida a través de tres componentes esenciales: eficiencia, eficacia y productividad de mano de obra. La primera se encuentra definida por el tiempo consignado para la ejecución de un proceso / actividad, la segunda expresa el cumplimiento de las unidades planificadas a producir, finalmente, la productividad de mano de obra será representada por la producción diaria sobre el tiempo trabajado por cuadrilla.</p>	<p>D_1: Eficiencia</p>	$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo útil trabajado}}{\text{Tiempo total empleado}}$	<p>Razón</p>
			<p>D_2: Eficacia</p>	$\text{Eficacia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción planificada}}$	<p>Razón</p>
			<p>D_3: Productividad de mano de obra</p>	$\text{PMO} = \frac{\text{Producción}}{\text{Tiempo trabajado} \times \text{N}^\circ \text{ Operarios}}$	<p>Razón</p>

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Validación de instrumentos

CONSTANCIA DE VALIDACION


Yo, Annie Edith Manrique Rosales, con DNI N° 74043219 de profesión Ingeniero Civil con código CIP 209378, ejerciendo actualmente como asistente de supervisión de obra. Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos pertenecientes a la variable independiente (Lean Construction): Formato para el cálculo del takt time, formato de mapa de flujo de valor, diagrama de Ishikawa, formato del porcentaje del plan de cumplimiento y el formato de planificación de materiales; a los efectos de su aplicación al proceso de construcción de un colegio inicial por la empresa CONSORCIO SUPERVISOR EL TORITO.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", Bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems			X	
Amplitud de contenido				X
Redacción de los ítems			X	
Claridad y precisión				X
Pertinencia				X

En Nuevo Chimbote, a los 2 días del mes de diciembre del año 2021.



MANRIQUE ROSALES ANNE EDITH
ING. CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros CP N° 28076

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, Annie Edith Manrique Rosales, con DNI N° 74043219 de profesión Ingeniero Civil con código CIP 209378, ejerciendo actualmente como asistente de supervisión de obra.


Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos pertenecientes a la variable dependiente (Productividad): Formato de medición de los índices de productividad; a los efectos de su aplicación al proceso de construcción de un colegio inicial por la empresa CONSORCIO SUPERVISOR. EL TORITO.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", Bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems				X
Amplitud de contenido				X
Redacción de los ítems				X
Claridad y precisión				X
Pertinencia			X	

En Nuevo Chimbote, a los 2 días del mes de diciembre del año 2021.



MANRIQUE ROSALES ANNE EDITH
ING. CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros CIP N° 209378

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, Manuel A. Sarmiento Ignacio con DNI N° 40026392, de profesión Ingeniero Civil con código CIP 93026, ejerciendo actualmente como jefe de supervisión de obra.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos pertenecientes a la variable independiente (Lean Construction): Formato para el cálculo del takt time, formato de mapa de flujo de valor, diagrama de Ishikawa, formato del porcentaje del plan de cumplimiento y el formato de planificación de materiales; a los efectos de su aplicación al proceso de construcción de un colegio inicial por la empresa CONSORCIO SUPERVISOR EL TORITO.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", Bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems				X
Amplitud de contenido				X
Redacción de los ítems			X	
Claridad y precisión				X
Pertinencia				X

En Nuevo Chimbote, a los 2 días del mes de diciembre del año 2021.


Manuel A. Sarmiento Ignacio
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 93026

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, Manuel A. Sarmiento Ignacio con DNI N° 40026392, de profesión Ingeniero Civil con código CIP 93026, ejerciendo actualmente como jefe de supervisión de obra.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos pertenecientes a la variable dependiente (Productividad): Formato de medición de los índices de productividad; a los efectos de su aplicación al proceso de construcción de un colegio inicial por la empresa CONSORCIO SUPERVISOR EL TORITO.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", Bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems				X
Amplitud de contenido			X	
Redacción de los ítems				X
Claridad y precisión			X	
Pertinencia				X

En Nuevo Chimbote, a los 2 días del mes de diciembre del año 2021.


Manuel A. Sarmiento Ignacio
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 93026

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, Cesar Augusto Diaz Moreno, con DNI N° 32798483 de profesión Ingeniero Industrial con código CIP 131346, ejerciendo actualmente como jefe de producción en una empresa pesquera.


Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos pertenecientes a la variable independiente (Lean Construction): Formato para el cálculo del takt time, formato de mapa de flujo de valor, diagrama de Ishikawa, formato del porcentaje del plan de cumplimiento y el formato de planificación de materiales; a los efectos de su aplicación al proceso de construcción de un colegio inicial por la empresa CONSORCIO SUPERVISOR EL TORITO.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", Bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems				X
Amplitud de contenido			X	
Redacción de los ítems			X	
Claridad y precisión				X
Pertinencia				X

En Nuevo Chimbote, a los 2 días del mes de diciembre del año 2021.



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Diaz Moreno Cesar Augusto
INGENIERO INDUSTRIAL
DNI: 32798483
N° Reg. CIP 131346

CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, Cesar Augusto Diaz Moreno, con DNI N° 32798483 de profesión Ingeniero Industrial con código CIP 131346, ejerciendo actualmente como jefe de producción en una empresa pesquera.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos pertenecientes a la variable dependiente (Productividad): Formato de medición de los índices de productividad; a los efectos de su aplicación al proceso de construcción de un colegio inicial por la empresa CONSORCIO SUPERVISOR. EL TORITO.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", Bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems			X	
Amplitud de contenido				X
Redacción de los ítems				X
Claridad y precisión				X
Pertinencia				X

En Nuevo Chimbote, a los 2 días del mes de diciembre del año 2021.



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Diaz Moreno Cesar Augusto
INGENIERO INDUSTRIAL
DNI: 32798483
N° Reg. CIP 131346

Tabla 25. Calificación del Ing. Cesar Augusto Diaz Moreno para los formatos de la variable independiente

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	3
Redacción de ítems	1	2	3	4	3
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	4
Total					18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Calificación del Ing. Cesar Augusto Diaz Moreno para los formatos de la variable dependiente

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	3
Amplitud del contenido	1	2	3	4	4
Redacción de ítems	1	2	3	4	4
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	4
Total					19

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Calificación de la Ing. Annie Edith Manrique Rosales para los formatos de la variable independiente

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	3
Amplitud del contenido	1	2	3	4	4
Redacción de ítems	1	2	3	4	3
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	4
Total					18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Calificación de la Ing. Annie Edith Manrique Rosales para los formatos de la variable dependiente

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	4
Redacción de ítems	1	2	3	4	4
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	3
Total					19

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Calificación de la Ing. Manuel Sarmiento Ignacio para los formatos de la variable independiente

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	4
Redacción de ítems	1	2	3	4	3
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	4
Total					19

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Calificación de la Ing. Manuel Sarmiento Ignacio para los formatos de la variable dependiente

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	3
Redacción de ítems	1	2	3	4	4
Claridad y precisión	1	2	3	4	3
Pertinencia	1	2	3	4	4
Total					18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Calificación total de expertos

Experto	Calificación de validez - Variable independiente	Calificación (%)	Calificación de validez - Variable Dependiente	Calificación (%)
César Díaz Moreno	18	90%	19	95%
Annie Manrique Rosales	18	90%	19	95%
Manuel Sarmiento Ignacio	19	95%	18	90%
	18.33	91.67%	18.67	93.33%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Escala de validez de instrumentos

Escala	Indicador
0,0 – 0,53	Validez nula
0,54 – 0,59	Validez baja
0,60 – 0,65	Válida
0,66 – 0,71	Muy válida
0,72 – 0,99	Excelente validez
1	Validez perfecta

Fuente: Oseda y Ramírez, 2011, p. 154.

Anexo 3. Datos para el cálculo del Takt Time durante el periodo de pre-prueba (Agosto, Septiembre y Octubre).

Tabla 33. Datos para el cálculo del takt time

MES	DÍAS TRABAJOS	MODULOS TRABAJADOS	NÚMERO DE OPERARIOS	% AVANCE DE OBRA MENSUAL DESEADO	% OBRA ACUMULADO	TAKT TIME (%AVANCE DE OBRA/DÍA)
Agosto	10	Sala Psicomotriz	8	0.82	0.82	0.082
Septiembre	30	Sala Psicomotriz	8	1.67	14.91	0.39
		Aula 02 y 03	11	6.84		
		Aula 04	10	6.40		
Octubre	30	Aula 02 y 03	11	4.56	12.65	0.42
		Aula 04	10	3.20		
		SS.HH niños y niñas	6	4.89		
Noviembre	30	SS.HH niños y niñas	6	1.31	9.61	0.32
		Cisterna de cuarto de máquina	5	2.30		
		SS.HH discapacitados	6	6.00		
% DE AVANCE DE OBRA PROMEDIO						0.38

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Datos para el cálculo de los tiempos de ciclo y el mapa de flujo de valor

MES	DÍAS TRABAJOS	MODULOS TRABAJADOS	ACTIVIDADES REALIZADAS	NÚMERO DE OPERARIOS	% AVANCE DE OBRA DESEADO	% AVANCE DE OBRA REAL	% RETRASO DE OBRA
AGOSTO	10	Sala Psicomotriz	*Movimientos de tierras	8	0.05	0.05	
			*Solado		0.08	0.08	
			*Zapata		0.10	0.10	
			*Vigas de conexión		0.12	0.08	
			*Columnas		0.16	0.10	
			*Muro de concreto		0.61	0.41	
			*Tarrajeo		0.09	0.00	
			*Cielo raso		0.63	0.00	
			*Pisos		0.41	0.00	
			*Carpintería		0.07	0.00	
			*Cerrajería		0.03	0.00	
			*Pintura		0.06	0.00	
			*Instalaciones eléctricas		0.09	0.00	
			TOTAL				
SEPTIEMBRE	30	Sala Psicomotriz	*Movimientos de tierras	8	0.05	0.05	
			*Solado		0.08	0.08	
			*Zapata		0.10	0.10	
			*Vigas de conexión		0.12	0.12	
			*Columnas		0.16	0.16	
			*Muro de concreto		0.61	0.61	
			*Tarrajeo		0.09	0.09	
			*Cielo raso		0.63	0.63	
			*Pisos		0.41	0.41	
							0

		*Carpintería		0.07	0.07	
		*Cerrajería		0.03	0.03	
		*Pintura		0.06	0.06	
		*Instalaciones eléctricas		0.09	0.09	
		TOTAL		2.5	2.5	
	Aula 02 y 03	*Movimientos de tierras	11	0.15	0.15	3.08
		*Solado		0.18	0.18	
		*Zapata		0.23	0.23	
		*Vigas de conexión		0.25	0.25	
		*Columnas		0.56	0.56	
		* Lozas aligeradas		0.25	0.25	
		*Lozas maciza		0.28	0.25	
		* Sardineles		0.26	0.13	
		*Muro de concreto		2.71	2.61	
		*Tarrajeo		1.02	0.72	
		*Cielo raso		2.29	1.88	
		*Pisos y pavimentos		1.54	0.46	
		*Carpintería		0.27	0.00	
		*Cerrajería		0.25	0.00	
		*Pintura		0.21	0.00	
		*Instalaciones eléctricas	0.95	0.65		
		TOTAL	11.4	8.32		
	Aula 04	*Movimientos de tierras	10	0.18	0.18	3.7
		*Solado		0.15	0.15	
		*Zapata		0.17	0.17	
		*Vigas de conexión		0.21	0.21	
		*Columnas		0.54	0.54	
		* Lozas aligeradas		0.29	0.29	

			*Lozas maciza		0.25	0.17	
			* Sardineles		0.38	0.12	
			*Muro de concreto		2.01	1.29	
			*Tarrajeo		0.94	0.58	
			*Cielo raso		1.69	1.21	
			*Pisos y pavimentos		1.04	0	
			*Carpintería		0.21	0	
			*Cerrajería		0.17	0	
			*Pintura		0.14	0	
			*Instalaciones eléctricas		0.54	0.41	
			*Instalaciones sanitarias		0.69	0.58	
			TOTAL		9.6	5.9	
OCTUBRE	30	SS.HH niños y niñas	*Movimientos de tierras		0.09	0.09	
			*Solado		0.08	0.08	
			*Zapata		0.10	0.10	
			*Vigas de conexión		0.12	0.12	
			*Columnas		0.61	0.61	
			* Lozas aligeradas		0.31	0.31	
			*Lozas maciza		0.29	0.29	
			* Sardineles		0.43	0.43	
			*Muro de concreto	6	1.31	1.31	
			*Tarrajeo		0.78	0.78	
			*Cielo raso		0.92	0.92	
			*Pisos y pavimentos		0.78	0.78	
			*Carpintería		0.11	0.05	
			*Cerrajería		0.09	0.04	
			*Pintura		0.03	0	
			*Instalaciones eléctricas		0.06	0.02	0.2

		*Instalaciones sanitarias		0.09	0.07	
		TOTAL		6.2	6	
	Aula 02 y 03	*Movimientos de tierras	11	0.15	0.15	1.2
		*Solado		0.18	0.18	
		*Zapata		0.23	0.23	
		*Vigas de conexión		0.25	0.25	
		*Columnas		0.56	0.56	
		* Lozas aligeradas		0.25	0.25	
		*Lozas maciza		0.28	0.28	
		* Sardineles		0.26	0.18	
		*Muro de concreto		2.71	2.71	
		*Tarrajeo		1.02	1.02	
		*Cielo raso		2.29	2.29	
		*Pisos y pavimentos		1.54	1.38	
		*Carpintería		0.27	0.00	
		*Cerrajería		0.25	0.00	
		*Pintura		0.21	0.00	
	*Instalaciones eléctricas	0.95	0.72			
	TOTAL		11.4	10.2		
	Aula 04	*Movimientos de tierras	10	0.18	0.18	0.6
		*Solado		0.15	0.15	
		*Zapata		0.17	0.17	
		*Vigas de conexión		0.21	0.21	
		*Columnas		0.54	0.54	
		* Lozas aligeradas		0.29	0.29	
		*Lozas maciza		0.25	0.25	
		* Sardineles		0.38	0.38	
		*Muro de concreto		2.01	2.01	

			*Tarrajeo		0.94	0.94		
			*Cielo raso		1.69	1.69		
			*Pisos y pavimentos		1.04	0.95		
			*Carpintería		0.21	0.16		
			*Cerrajería		0.17	0.09		
			*Pintura		0.14	0		
			*Instalaciones eléctricas		0.54	0.41		
			*Instalaciones sanitarias		0.69	0.58		
			TOTAL		9.6	9		
NOVIEMBRE	30	Cisterna cuarto de máquinas	*Movimientos de tierras	5	0.01	0.01		
			*Solado		0.01	0.01		
			*Zapata		0.05	0.05		
			*Vigas de conexión		0.03	0.03		
			*Columnas		0.09	0.09		
			* Lozas aligeradas		0.02	0.02		
			*Lozas maciza		0.02	0.01		
			*Muro de concreto		0.61	0.61		
			*Tarrajeo		0.35	0.35		
			*Cielo raso		0.5	0.5		
			*Pisos y pavimentos		0.48	0.08		
			*Carpintería		0.02	0.00		
			*Cerrajería		0.01	0.00		
			*Pintura		0.02	0.00		
		*Instalaciones eléctricas	0.08	0.04				
		TOTAL	2.3	1.8	0.5			
			SS.HH discapacitados	*Movimientos de tierras	12	0.15	0.15	
				*Solado		0.12	0.12	
	*Zapata	0.13		0.13		0.5		

		*Vigas de conexión	0.15	0.15	
		*Columnas	0.48	0.48	
		* Lozas aligeradas	0.15	0.15	
		*Lozas maciza	0.13	0.13	
		* Sardineles	0.34	0.34	
		*Muro de concreto	1.19	1.19	
		*Tarrajeo	0.53	0.53	
		*Cielo raso	1.07	1.07	
		*Pisos y pavimentos	0.52	0.52	
		*Carpintería	0.16	0.10	
		*Cerrajería	0.13	0.00	
		*Pintura	0.12	0.00	
		*Instalaciones eléctricas	0.34	0.20	
		*Instalaciones sanitarias	0.29	0.24	
		TOTAL	6	5.5	
ATRASO CUATRIMESTRAL (%)					3

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Análisis de las causas raíces

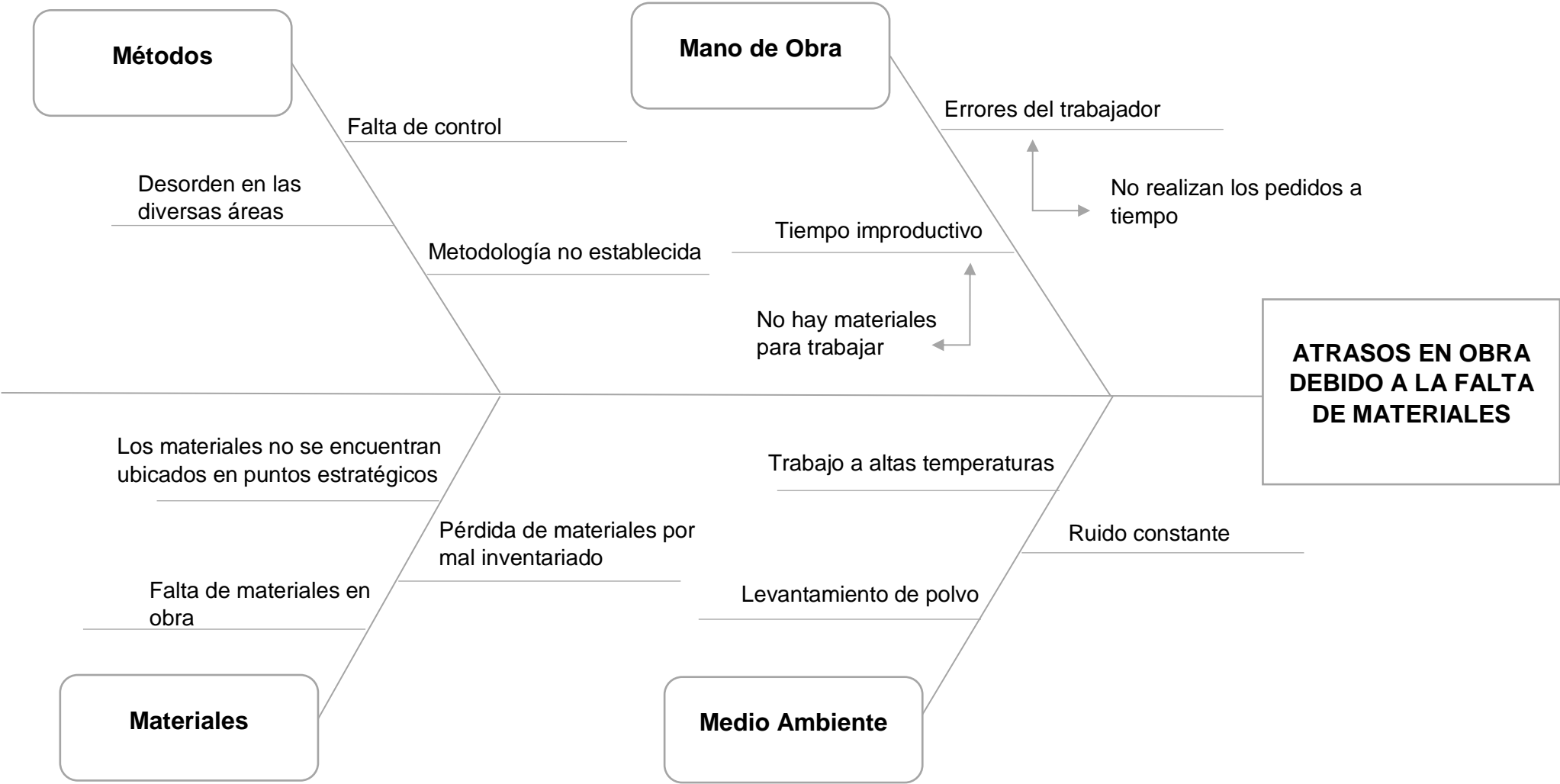


Figura 4. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

RECORRIDO POR PARTE DE LOS TESISISTAS EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE CONSTRUCCIÓN



Figura 5. Tesista durante el recorrido en obra



Figura 6. Tesista durante el recorrido en obra

PROBLEMAS ENCONTRADOS EN OBRA DURANTE EL DIAGNÓSTICO DEL PROCESO



Figura 7. Retraso en la llegada de los materiales



Figura 8. No se observa un control e inventariado de los materiales que ingresan a obra

PROBLEMAS ENCONTRADOS EN OBRA DURANTE EL DIAGNÓSTICO DEL PROCESO



Figura 9. Desorden y falta de limpieza en diversas áreas



Figura 10. Se observa la presencia del material excedente y residuos en obra que no han sido eliminados

PROBLEMAS ENCONTRADOS EN OBRA DURANTE EL DIAGNÓSTICO DEL PROCESO



Figura 11. Falta de equipos de protección personal, lo que impide el desarrollo de las actividades

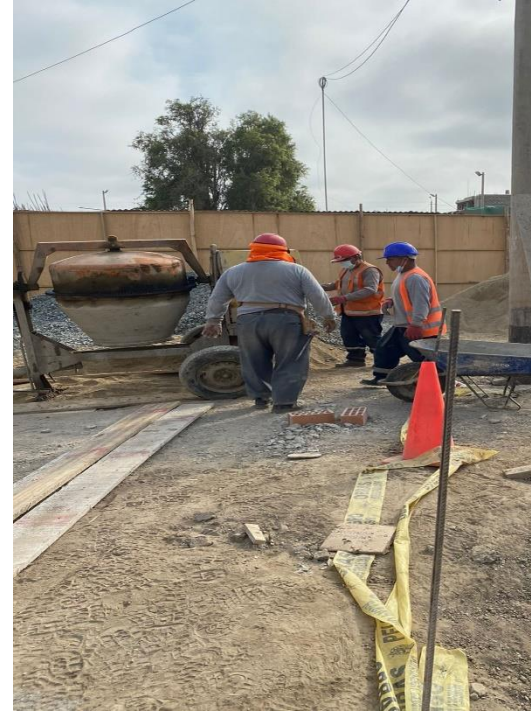


Figura 12. Personal paralizado por falta de material en obra

PROBLEMAS ENCONTRADOS EN OBRA DURANTE EL DIAGNÓSTICO DEL PROCESO



Figura 13. Poca presencia de personal en obra



Figura 14. Falta de control en el área de almacén

Anexo 6. Datos para el cálculo de la eficiencia antes de la aplicación de las herramientas

Tabla 34. Datos para el cálculo de la eficiencia

FECHA	TAREO	NÚMERO DE OPERARIOS	CUADRILLA 1 - SALA PSICOMOTRIZ			FECHA	TAREO	CUADRILLA 2			FECHA	TAREO	CUADRILLA 3			OBSERVACIONES	EFICIENCIA GLOBAL PROMEDIO (%)
			TIEMPO ÚTIL TRABAJADO (HR.)	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HR.)	EFICIENCIA GLOBAL (%)			TIEMPO ÚTIL TRABAJADO (HR.)	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HR.)	EFICIENCIA GLOBAL (%)			TIEMPO ÚTIL TRABAJADO (HR.)	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HR.)	EFICIENCIA GLOBAL (%)		
21/08/2022	Movimiento de tierras	8	5	8	62.50%											62.50%	
22/08/2022			5	8	62.50%												62.50%
23/08/2022	Excavaciones Solado Zapatas		6.5	8	81.25%												81.25%
24/08/2022			6.5	8	81.25%												81.25%
25/08/2022			6	8	75.00%												75.00%
26/08/2022			6	8	75.00%												75.00%
27/08/2022	Vigas Columnas Muros de concreto		6	8	75.00%												75.00%
28/08/2022			7	8	87.50%												87.50%
29/08/2022			5.5	8	68.75%												68.75%
30/08/2022			5.5	8	68.75%												68.75%
			CUADRILLA 1 - SALA PSICOMOTRIZ					CUADRILLA 2 - AULA 02 Y 03					CUADRILLA 3 - AULA 04				
FECHA	TAREO	NÚMERO DE OPERARIOS	TIEMPO ÚTIL TRABAJADO (HR.)	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HR.)	EFICIENCIA GLOBAL (%)	FECHA	TAREO	TIEMPO ÚTIL TRABAJADO (HR.)	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HR.)	EFICIENCIA GLOBAL (%)	FECHA	TAREO	TIEMPO ÚTIL TRABAJADO (HR.)	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HR.)	EFICIENCIA GLOBAL (%)	OBSERVACIONES	EFICIENCIA GLOBAL PROMEDIO (%)
1/10/2022	Movimiento de tierras	29				1/10/2022	Movimiento de tierras	7	8	87.50%	1/10/2022	Movimiento de tierras	7	8	87.50%	La mayor parte de los retrasos en obra se produjeron por el mal control de	87.50%
2/09/2022	Movimiento de tierras					2/09/2022	Movimiento de tierras	5.5	8	68.75%	2/09/2022	Movimiento de tierras	7	8	87.50%		78.13%

3/09/2022	Excavaciones Solado Zapatas				3/09/2022	Excavaciones Solado Zapatas	5.5	8	68.75%	3/09/2022	Excavaciones Solado Zapatas	7	8	87.50%	los pedidos, no se contaba con material para trabajar. Por otro lado, el almacén se encontraba desordenado, en repetidas oportunidades, so le lograban hallar las herramientas a utilizar en el proceso constructivo.	78.13%
4/09/2022					4/09/2022		6	8	75.00%	4/09/2022		7	8	87.50%		81.25%
5/09/2022					5/09/2022		6.5	8	81.25%	5/09/2022		7	8	87.50%		84.38%
6/09/2022					6/09/2022		6.5	8	81.25%	6/09/2022		6	8	75.00%		78.13%
7/09/2022	Vigas Columnas	5	8	62.50%	7/09/2022	Vigas Columnas	6	8	75.00%	7/09/2022	Vigas Columnas	6	8	75.00%	70.83%	
8/09/2022		6.5	8	81.25%	8/09/2022		7	8	87.50%	8/09/2022		6	8	75.00%	81.25%	
9/09/2022		5	8	62.50%	9/09/2022		7	8	87.50%	9/09/2022		6.5	8	81.25%	77.08%	
10/09/2022		6	8	75.00%	10/09/2022		5	8	62.50%	10/09/2022		5	8	62.50%	66.67%	
11/09/2022		6.5	8	81.25%	11/09/2022		5.5	8	68.75%	11/09/2022		5.5	8	68.75%	72.92%	
12/09/2022	Muros de concreto	6	8	75.00%	12/09/2022	Lozas aligeradas Lozas macizas Sardineles	6	8	75.00%	12/09/2022	Lozas aligeradas Lozas macizas Sardineles	6	8	75.00%	75.00%	
13/09/2022		6.5	8	81.25%	13/09/2022		5	8	62.50%	13/09/2022		6.5	8	81.25%	75.00%	
14/09/2022		5	8	62.50%	14/09/2022		5	8	62.50%	14/09/2022		6.5	8	81.25%	68.75%	
15/09/2022		6	8	75.00%	15/09/2022	Muro de concreto Tarrajeo	6	8	75.00%	15/09/2022	Muro de concreto Tarrajeo	6	8	75.00%	75.00%	
16/09/2022		5	8	62.50%	16/09/2022		5	8	62.50%	16/09/2022		5	8	62.50%	62.50%	
17/09/2022		6	8	75.00%	17/09/2022		5	8	62.50%	17/09/2022		6	8	75.00%	70.83%	
18/09/2022		5	8	62.50%	18/09/2022		5	8	62.50%	18/09/2022		5	8	62.50%	62.50%	
19/09/2022		6.5	8	81.25%	19/09/2022		5	8	62.50%	19/09/2022		6	8	75.00%	72.92%	
20/09/2022		5	8	62.50%	20/09/2022		5	8	62.50%	20/09/2022		6	8	75.00%	66.67%	
21/09/2022		Cielo Raso	5	8	62.50%		21/09/2022	5	8	62.50%		21/09/2022	6	8	75.00%	66.67%
22/09/2022	6.5		8	81.25%	22/09/2022	6.5	8	81.25%	22/09/2022	6	8	75.00%	79.17%			
23/09/2022	7		8	87.50%	23/09/2022	7	8	87.50%	23/09/2022	5	8	62.50%	79.17%			
24/09/2022	Pisos	6	8	75.00%	24/09/2022	Cielo raso Tarrajeo	6	8	75.00%	24/09/2022	Cielo raso Tarrajeo	5	8	62.50%	70.83%	
25/09/2022		6	8	75.00%	25/09/2022		6.5	8	81.25%	25/09/2022		5	8	62.50%	72.92%	
26/09/2022		6	8	75.00%	26/09/2022		6	8	75.00%	26/09/2022		5	8	62.50%	70.83%	

27/09/2022	Instalaciones eléctricas		5	8	62.50%	27/09/2022		5	8	62.50%	27/09/2022		5	8	62.50%		62.50%
28/09/2022			6.5	8	81.25%	28/09/2022		6.5	8	81.25%	28/09/2022		6.5	8	81.25%		81.25%
29/09/2022	Acabados		5	8	62.50%	29/09/2022		6.5	8	81.25%	29/09/2022	Instalaciones eléctricas	5	8	62.50%		68.75%
30/09/2022			6	8	75.00%	30/09/2022	Instalaciones eléctricas	7	8	87.50%	30/09/2022	Instalaciones sanitarias	6	8	75.00%		79.17%
FECHA	TAREO	NÚMERO DE OPERARIOS	CUADRILLA 1 - SSHH NIÑOS Y NIÑAS			FECHA	TAREO	CUADRILLA 2 - AULA 02 Y 03			FECHA	TAREO	CUADRILLA 3 - AULA 04			OBSERVACIONES	EFICIENCIA GLOBAL PROMEDIO (%)
			TIEMPO ÚTIL TRABAJADO (HR.)	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HR.)	EFICIENCIA GLOBAL (%)			TIEMPO ÚTIL TRABAJADO (HR.)	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HR.)	EFICIENCIA GLOBAL (%)			TIEMPO ÚTIL TRABAJADO (HR.)	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HR.)	EFICIENCIA GLOBAL (%)		
1/10/2022	Movimiento de tierras	27	6	8	75.00%	1/10/2022	Sardineles	6	8	75.00%	1/10/2022	Loza Maciza	5	8	62.50%	La mayor parte de los retrasos en obra se produjeron por el mal control de los pedidos, no se contaba con material para trabajar. Por otro lado, el almacén se encontraba desordenado, en repetidas oportunidades, so le lograban hallar las herramientas a utilizar en el proceso constructivo.	70.83%
2/10/2022	Movimiento de tierras		5	8	62.50%	2/10/2022		7	8	87.50%	2/10/2022		5	8	62.50%		70.83%
3/10/2022	Excavaciones Solado Zapatas		6.5	8	81.25%	3/10/2022		6.5	8	81.25%	3/10/2022	Sardineles	5	8	62.50%		75.00%
4/10/2022			7	8	87.50%	4/10/2022	6.5	8	81.25%	4/10/2022	5		8	62.50%	77.08%		
5/10/2022			6.5	8	81.25%	5/10/2022	7	8	87.50%					84.38%			
6/10/2022			6	8	75.00%	6/10/2022	6	8	75.00%					75.00%			
7/10/2022	Vigas Columnas		7	8	87.50%	7/10/2022	Muro de concreto	7	8	87.50%					87.50%		
8/10/2022			7	8	87.50%	8/10/2022		7	8	87.50%					87.50%		
9/10/2022			7	8	87.50%	9/10/2022		7	8	87.50%					87.50%		
10/10/2022			6	8	75.00%	10/10/2022		6	8	75.00%	10/10/2022	Muro de concreto	5	8	62.50%		70.83%
11/10/2022	6.5		8	81.25%					11/10/2022	5	8		62.50%	71.88%			
12/10/2022	Muros de concreto		5	8	62.50%					12/10/2022	Tarrajeo	5	8	62.50%	62.50%		
13/10/2022			5	8	62.50%					13/10/2022		5	8	62.50%	62.50%		
14/10/2022			5.5	8	68.75%	14/10/2022	Tarrajeo	5.5	8	68.75%	14/10/2022	Cielo Raso	5	8	62.50%		66.67%

4/11/2022	Solado Zapatas	5	8	62.50%	4/11/2022													contaba con material para trabajar. Por otro lado, el almacén se encontraba desordenado, en repetidas oportunidades, so le lograban hallar las herramientas a utilizar en el proceso constrictivo.	62.50%
5/11/2022	Vigas Columnas	6	8	75.00%	5/11/2022														75.00%
6/11/2022		6.5	8	81.25%	6/11/2022														81.25%
7/11/2022	Columnas	6	8	75.00%	7/11/2022														75.00%
8/11/2022		6	8	75.00%	8/11/2022														75.00%
9/11/2022					9/11/2022														
10/11/2022					10/11/2022	Excavaciones	6	8	75.00%	10/11/2022	Excavaciones	6	8	75.00%					75.00%
11/11/2022					11/11/2022	Solado Zapatas Vigas Columnas	7	8	87.50%	11/11/2022	Solado Zapatas Vigas Columnas	7	8	87.50%					87.50%
12/11/2022		6.5	8	81.25%	12/11/2022	Lozas aligeradas Lozas maciza Sardineles	6.5	8	81.25%	12/11/2022	Lozas aligeradas Lozas maciza Sardineles	6.5	8	81.25%					81.25%
13/11/2022		6	8	75.00%	13/11/2022		6	8	75.00%	13/11/2022		6	8	75.00%					75.00%
14/11/2022	Muros de concreto	6	8	75.00%	14/11/2022		6	8	75.00%	14/11/2022		6	8	75.00%					75.00%
15/11/2022	Tarrajeos	7	8	87.50%	15/11/2022		7	8	87.50%	15/11/2022		7	8	87.50%					87.50%
16/11/2022		7	8	87.50%	16/11/2022		7	8	87.50%	16/11/2022		7	8	87.50%					87.50%
17/11/2022		7	8	87.50%	17/11/2022		6	8	75.00%	17/11/2022		6	8	75.00%					79.17%
18/11/2022					18/11/2022		6.5	8	81.25%	18/11/2022		6.5	8	81.25%					81.25%
19/11/2022					19/11/2022	Muro de concreto	6	8	75.00%	19/11/2022	Muro de concreto	6	8	75.00%					75.00%
20/11/2022		5.5	8	68.75%	20/11/2022		5.5	8	68.75%	20/11/2022		5.5	8	68.75%					68.75%
21/11/2022	Cielo Raso	5.6	8	70.00%	21/11/2022		5.6	8	70.00%	21/11/2022		5.6	8	70.00%					70.00%
22/11/2022		6	8	75.00%	22/11/2022	Tarrajeo	6	8	75.00%	22/11/2022	Tarrajeo	6	8	75.00%					75.00%
23/11/2022		6	8	75.00%	23/11/2022		6	8	75.00%	23/11/2022		6	8	75.00%					75.00%
24/11/2022	Pisos y pavimentos	6	8	75.00%	24/11/2022	Cielo raso	6	8	75.00%	24/11/2022	Cielo raso	6	8	75.00%					75.00%
25/11/2022		6	8	75.00%	25/11/2022		6	8	75.00%	25/11/2022		6	8	75.00%					75.00%
26/11/2022					26/11/2022		5.6	8	70.00%	26/11/2022		5.6	8	70.00%					70.00%

27/11/2022					27/11/2022	Pisos y pavimentos	5	8	62.50%	27/11/2022	Pisos y pavimentos	5	8	62.50%	62.50%
28/11/2022					28/11/2022	Instalaciones eléctricas y sanitarias	5	8	62.50%	28/11/2022	Instalaciones eléctricas y sanitarias	5	8	62.50%	62.50%
29/11/2022	Instalaciones eléctricas	6	8	75.00%	29/11/2022		5	8	62.50%	29/11/2022		5	8	62.50%	66.67%
30/11/2022		5.5	8	68.75%	30/11/2022		5	8	62.50%	30/11/2022		5	8	62.50%	64.58%
PROMEDIO DE EFICIENCIA GLOBAL															73.39%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Datos para el cálculo de la eficacia antes de la aplicación de las herramientas

Tabla 35. Datos para el cálculo de la eficacia

FECHA	TAREO	NÚMERO DE OPERARIOS	% AVANCE DE OBRA PLANIFICADO	%AVANCE DE OBRA REAL	% DE EFICACIA GLOBAL
21/08/2022	Movimiento de tierras	8	0.82	0.82	100.00%
22/08/2022			0.82	0.82	
23/08/2022	Excavaciones Solado Zapatas		0.82	0.82	
24/08/2022			0.82	0.82	
25/08/2022			0.82	0.82	
26/08/2022			0.82	0.82	
27/08/2022	Vigas Columnas Muros de concreto		0.82	0.82	
28/08/2022			0.82	0.82	
29/08/2022			0.82	0.82	
30/08/2022			0.82	0.82	
1/09/2022	Movimiento de tierras	29	14.91	15.9	106.64%
2/09/2022	Movimiento de tierras		14.91	15.9	
3/09/2022	Excavaciones Solado Zapatas		14.91	15.9	
4/09/2022			14.91	15.9	
5/09/2022			14.91	15.9	
6/09/2022			14.91	15.9	
7/09/2022	Vigas Columnas		14.91	15.9	
8/09/2022			14.91	15.9	
9/09/2022			14.91	15.9	
10/09/2022			14.91	15.9	
11/09/2022	Muros de concreto		14.91	15.9	
12/09/2022			14.91	15.9	
13/09/2022			14.91	15.9	
14/09/2022			14.91	15.9	
15/09/2022			14.91	15.9	
16/09/2022			14.91	15.9	
17/09/2022			14.91	15.9	
18/09/2022			14.91	15.9	
19/09/2022	Cielo Raso		14.91	15.9	
20/09/2022			14.91	15.9	
21/09/2022			14.91	15.9	
22/09/2022			14.91	15.9	
23/09/2022			14.91	15.9	
24/09/2022	Pisos		14.91	15.9	

25/09/2022			14.91	15.9	
26/09/2022			14.91	15.9	
27/09/2022	Instalaciones eléctricas		14.91	15.9	
28/09/2022			14.91	15.9	
29/09/2022	Acabados		14.91	15.9	
30/09/2022			14.91	15.9	
1/10/2022	Movimiento de tierras		12.65	10.98	
2/10/2022	Movimiento de tierras		12.65	10.98	
3/10/2022	Excavaciones Solado Zapatas		12.65	10.98	
4/10/2022			12.65	10.98	
5/10/2022			12.65	10.98	
6/10/2022			12.65	10.98	
7/10/2022	Vigas Columnas		12.65	10.98	
8/10/2022			12.65	10.98	
9/10/2022			12.65	10.98	
10/10/2022			12.65	10.98	
11/10/2022			12.65	10.98	
12/10/2022	Muros de concreto		12.65	10.98	
13/10/2022			12.65	10.98	
14/10/2022			12.65	10.98	
15/10/2022			12.65	10.98	
16/10/2022			12.65	10.98	
17/10/2022			12.65	10.98	
18/10/2022			12.65	10.98	
19/10/2022			12.65	10.98	
20/10/2022	Cielo Raso		12.65	10.98	
21/10/2022			12.65	10.98	
22/10/2022			12.65	10.98	
23/10/2022			12.65	10.98	
24/10/2022	Pisos		12.65	10.98	
25/10/2022			12.65	10.98	
26/10/2022			12.65	10.98	
27/10/2022	Instalaciones eléctricas		12.65	10.98	
28/10/2022			12.65	10.98	
29/10/2022	Acabados		12.65	10.98	
30/10/2022			12.65	10.98	86.80%
1/11/2022	Movimiento de tierras		9.61	7.3	
2/11/2022	Movimiento de tierras		9.61	7.3	
3/11/2022	Excavaciones Solado Zapatas		9.61	7.3	
4/11/2022			9.61	7.3	75.96%

5/11/2022		9.61	7.3
6/11/2022		9.61	7.3
7/11/2022	Vigas Columnas	9.61	7.3
8/11/2022		9.61	7.3
9/11/2022		9.61	7.3
10/11/2022		9.61	7.3
11/11/2022		9.61	7.3
12/11/2022	Muros de concreto	9.61	7.3
13/11/2022		9.61	7.3
14/11/2022		9.61	7.3
15/11/2022		9.61	7.3
16/11/2022		9.61	7.3
17/11/2022		9.61	7.3
18/11/2022		9.61	7.3
19/11/2022		9.61	7.3
20/11/2022	Cielo Raso	9.61	7.3
21/11/2022		9.61	7.3
22/11/2022		9.61	7.3
23/11/2022		9.61	7.3
24/11/2022	Pisos	9.61	7.3
25/11/2022		9.61	7.3
26/11/2022		9.61	7.3
27/11/2022	Instalaciones eléctricas	9.61	7.3
28/11/2022		9.61	7.3
29/11/2022	Acabados	9.61	7.3
30/11/2022		9.61	7.3
PROMEDIO DE EFICACIA (%)			92.35%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Datos para el cálculo de la productividad de mano de obra antes de la aplicación de las herramientas

Tabla 36. Datos para el cálculo de la productividad de mano de obra

FECHA	TAREO	NÚMERO DE OPERARIOS (MENSUAL)	TIEMPO TRABAJADO (HR /MENSUAL)	%AVANCE DE OBRA REAL (MENSUAL)	PRODUCTIVIDAD				
21/08/2022	Movimiento de tierras	8	80	0.82	0.0013				
22/08/2022									
23/08/2022	Excavaciones Solado Zapatas								
24/08/2022									
25/08/2022									
26/08/2022									
27/08/2022	Vigas Columnas Muros de concreto								
28/08/2022									
29/08/2022									
30/08/2022									
1/09/2022	Movimiento de tierras					29	240	15.9	0.0023
2/09/2022	Movimiento de tierras								
3/09/2022	Excavaciones Solado Zapatas								
4/09/2022									
5/09/2022									
6/09/2022									
7/09/2022	Vigas Columnas								
8/09/2022									
9/09/2022									
10/09/2022									
11/09/2022	Muros de concreto								
12/09/2022									
13/09/2022									
14/09/2022									
15/09/2022									
16/09/2022									
17/09/2022									

18/09/2022						
19/09/2022						
20/09/2022	Cielo Raso					
21/09/2022						
22/09/2022						
23/09/2022						
24/09/2022	Pisos					
25/09/2022						
26/09/2022						
27/09/2022	Instalaciones eléctricas					
28/09/2022						
29/09/2022	Acabados					
30/09/2022						
1/10/2022	Movimiento de tierras					
2/10/2022	Movimiento de tierras					
3/10/2022	Excavaciones Solado Zapatas					
4/10/2022						
5/10/2022						
6/10/2022						
7/10/2022	Vigas Columnas					
8/10/2022						
9/10/2022						
10/10/2022						
11/10/2022						
12/10/2022	Muros de concreto					
13/10/2022						
14/10/2022			27	240	10.98	0.0017
15/10/2022						
16/10/2022						
17/10/2022						
18/10/2022						
19/10/2022						
20/10/2022	Cielo Raso					
21/10/2022						
22/10/2022						
23/10/2022						
24/10/2022	Pisos					
25/10/2022						
26/10/2022						
27/10/2022	Instalaciones eléctricas					
28/10/2022						
29/10/2022	Acabados					

30/10/2022					
1/11/2022	Movimiento de tierras				
2/11/2022	Movimiento de tierras				
3/11/2022	Excavaciones Solado Zapatas				
4/11/2022					
5/11/2022					
6/11/2022	Vigas Columnas				
7/11/2022					
8/11/2022					
9/11/2022					
10/11/2022					
11/11/2022	Muros de concreto				
12/11/2022					
13/11/2022					
14/11/2022		17	240	7.3	0.0018
15/11/2022					
16/11/2022					
17/11/2022					
18/11/2022					
19/11/2022	Cielo Raso				
20/11/2022					
21/11/2022					
22/11/2022					
23/11/2022	Pisos				
24/11/2022					
25/11/2022					
26/11/2022	Instalaciones eléctricas				
27/11/2022					
28/11/2022	Acabados				
29/11/2022					
30/11/2022					
PROMEDIO DE PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA (%)					0.0018

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9. Cronograma del Plan de Cumplimiento para el periodo de aplicación

Tabla 37. Cronograma de ejecución mes de Diciembre (1^{er} mes de aplicación)

PARTIDAS	TAREAS	FECHA DE INICIO	FECHA FINAL	DÍAS	ESTADO
AULA 02 Y 03	A2-3 Pisos y pavimentos	1/12/2021	12/12/2021	11	
	A2-3Carpintería	11/12/2021	16/12/2021	5	
	A2-3 Cerrajería	12/12/2021	13/12/2021	1	
	A2-3 Pintura	12/12/2021	22/12/2021	10	
	A2-3 Instalaciones eléctricas	25/12/2021	30/12/2021	5	
AULA 04	A4 Pisos y pavimentos	1/12/2021	6/12/2021	5	
	A4 Carpintería	6/12/2021	9/12/2021	3	
	A4 Cerrajería	8/12/2021	9/12/2021	1	
	A4 Pintura	10/12/2021	15/12/2021	5	
	A4 Instalaciones eléctricas	10/12/2021	12/12/2021	2	
	A4 Instalaciones sanitarias	11/12/2021	13/12/2021	2	
SS.HH NIÑOS Y NIÑAS	SH-N Carpintería	10/12/2021	13/12/2021	3	
	SH-N Cerrajería	12/12/2021	13/12/2021	1	
	SH-N Pintura	16/12/2021	21/12/2021	5	
	SH-N Instalaciones eléctricas	15/12/2021	17/12/2021	2	
	SH-N Instalaciones sanitarias	14/12/2021	17/12/2021	3	
CISTERNA CUARTO DE MÁQUINAS	C- Pisos y pavimentos	11/12/2021	17/12/2021	5	
	C- Carpintería	18/12/2021	25/12/2021	7	
	C- Cerrajería	19/12/2021	21/12/2021	2	
	C- Pintura	20/12/2021	28/12/2021	8	
	C- Instalaciones eléctricas	21/12/2021	24/12/2021	3	
SS.HH DISCAPACITADOS	SH-D Carpintería	12/12/2021	18/12/2021	6	
	SH-D Cerrajería	18/12/2021	19/12/2021	1	
	SH-D Pintura	22/12/2021	28/12/2021	6	
	SH-D Instalaciones eléctricas	25/12/2021	27/12/2021	2	
	SH-D Instalaciones sanitarias	26/12/2021	28/12/2021	2	
PABELLÓN	P- Movimientos de tierras	8/12/2021	13/12/2021	3	
	P- Solado	13/12/2021	19/12/2021	6	
	P- Zapata	19/12/2021	21/12/2021	2	
	P- Vigas de conexión	21/12/2021	23/12/2021	2	
	P- Columnas	23/12/2021	30/12/2021	7	
% DE CUMPLIMIENTO					96.77

Fuente: Elaboración propia

LEYENDA:	
	Las tareas se culminaron en el periodo programado
	Las tareas no se culminaron en el periodo programado

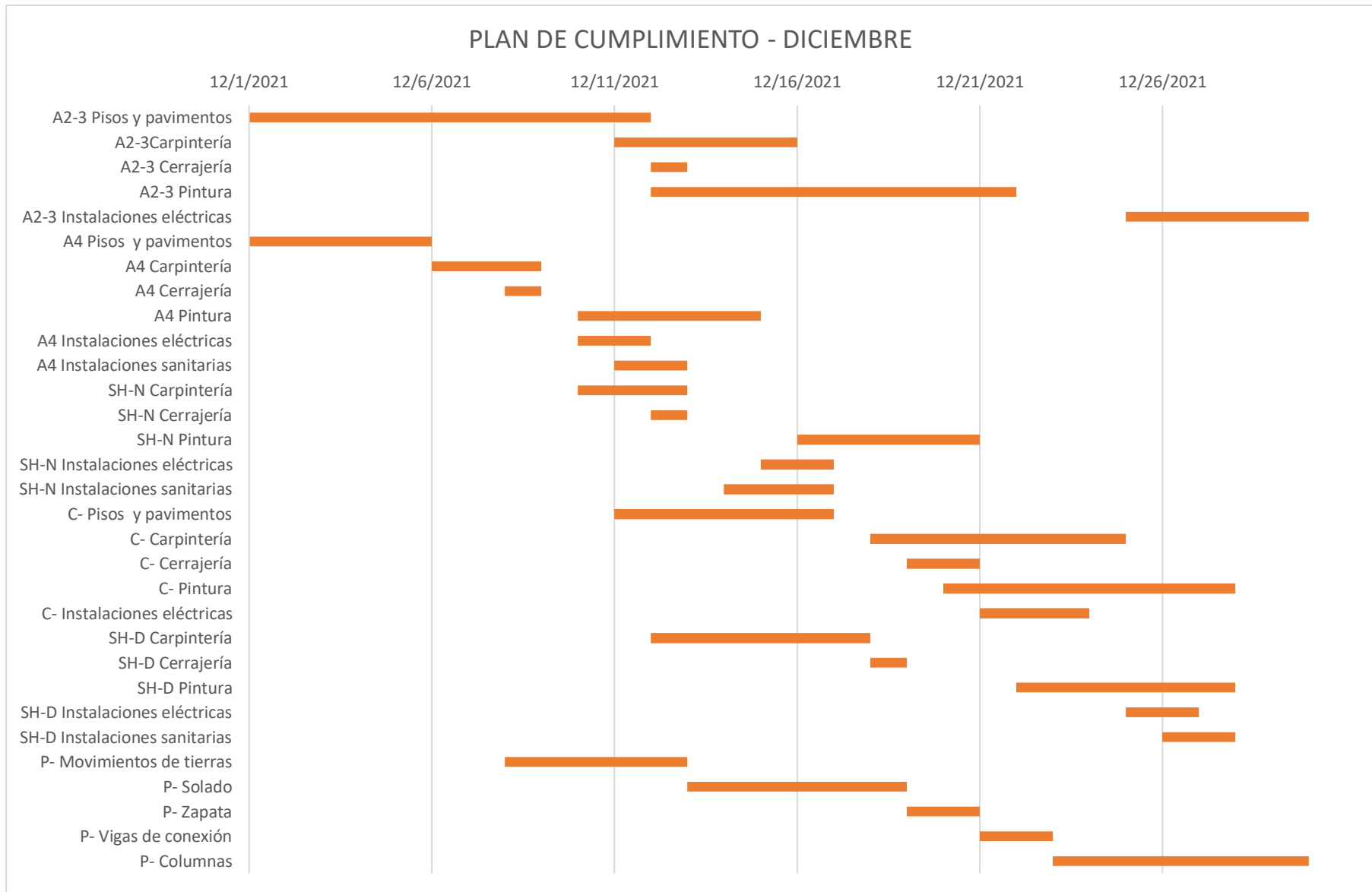


Figura 5. Diagrama de Gantt del plan de cumplimiento -Diciembre

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Cronograma del Plan de Cumplimiento para el periodo de aplicación

Tabla 38. Cronograma de ejecución mes de Enero (2^{er} mes de aplicación)

PARTIDAS	ACTIVIDADES	TAREAS	FECHA DE INICIO	FECHA FINAL	DÍAS	ESTADO
PABELLÓN ADMINISTRATIVO	Dirección	D - Columnas	3/01/2022	9/01/2022	6	
		D - Muros de concreto	8/01/2022	15/01/2022	7	
		D - Techo	16/01/2022	19/01/2022	3	
		D - Pisos y pavimentos	19/01/2022	23/01/2022	4	
		D - Carpintería	22/01/2022	25/01/2022	3	
		D - Cerrajería	24/01/2022	25/01/2022	1	
		D - Pintura	25/01/2022	29/01/2022	4	
		D - Instalaciones eléctricas	19/01/2022	22/01/2022	3	
	D - Acabados	23/01/2022	31/01/2022	8		
	Biblioteca	A - Movimientos de tierras	3/01/2022	6/01/2022	3	
		A - Solado	6/01/2022	8/01/2022	2	
		A - Zapata	8/01/2022	11/01/2022	3	
		A - Vigas de conexión	10/01/2022	15/01/2022	5	
		A - Columnas	12/01/2022	16/01/2022	4	
		A - Muros de concreto	17/01/2022	22/01/2022	5	
		A - Techo	22/01/2022	27/01/2022	5	
		A - Pisos y pavimentos	27/01/2022	30/01/2022	3	
		A - Carpintería	29/01/2022	31/01/2022	2	
		A - Cerrajería	29/01/2022	31/01/2022	2	
		A - Acabados	30/01/2022	31/01/2022	1	
		A - Instalaciones eléctricas	24/01/2022	26/01/2022	2	
	SS.HH Damas	SD- Movimientos de tierras	3/01/2022	5/01/2022	2	
		SD - Solado	6/01/2022	8/01/2022	2	
		SD - Zapata	8/01/2022	12/01/2022	4	
		SD - Vigas de conexión	11/01/2022	14/01/2022	3	
		SD - Columnas	14/01/2022	17/01/2022	3	
		SD - Muros de concreto	17/01/2022	21/01/2022	4	
		SD - Techo	21/01/2022	25/01/2022	4	
		SD - Pisos y pavimentos	25/01/2022	30/01/2022	5	
		SD - Carpintería	27/01/2022	31/01/2022	4	
		SD - Cerrajería	28/01/2022	31/01/2022	3	
		SD - Pintura	29/01/2022	31/01/2022	2	
		SD - Instalaciones eléctricas	18/01/2022	22/01/2022	4	
		SD - Instalaciones sanitarias	26/01/2022	29/01/2022	3	
		SD - Acabados	30/01/2022	31/01/2022	1	
	% DE CUMPLIMIENTO					

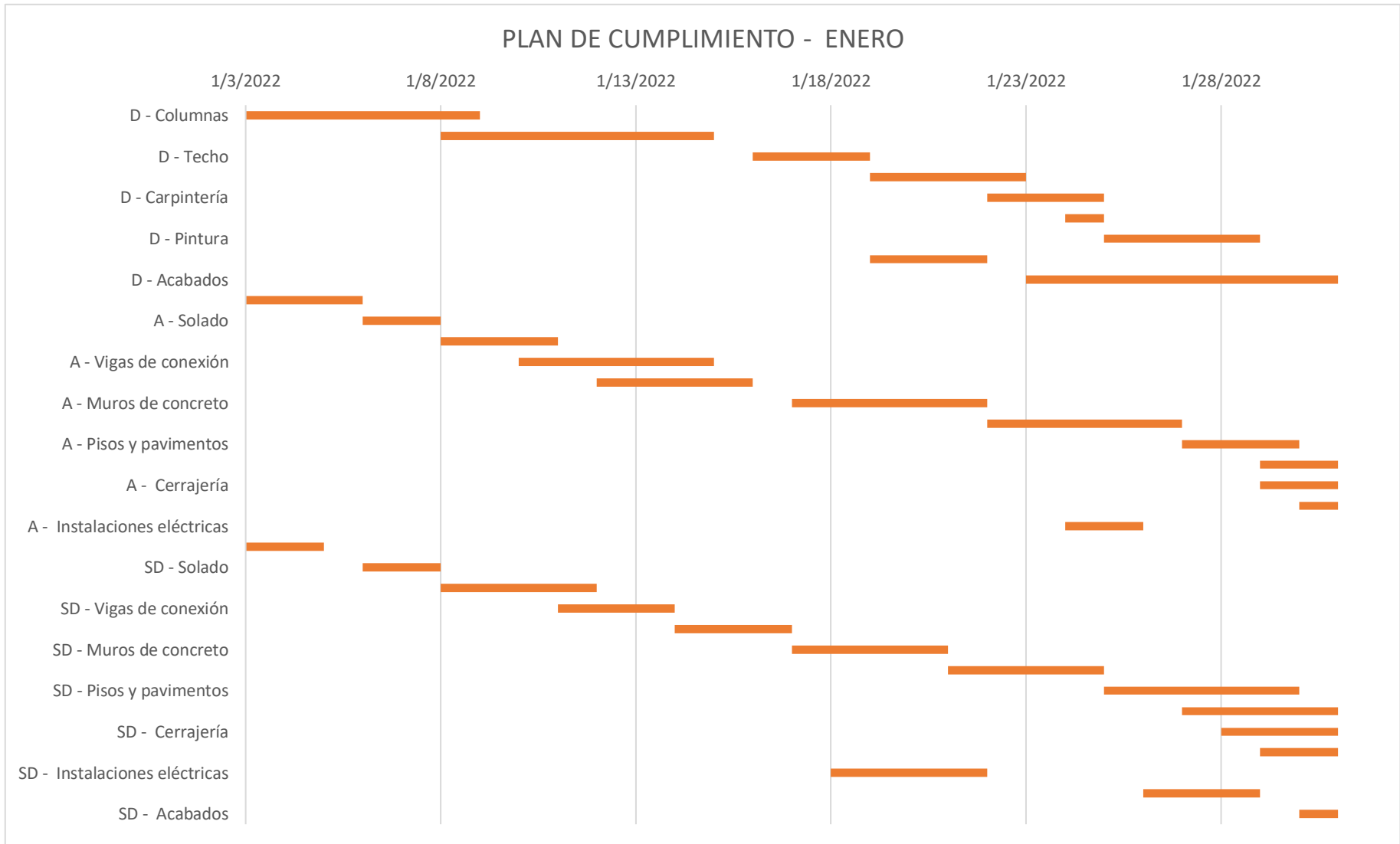


Figura 5. Diagrama de Gantt del plan de cumplimiento - Enero

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11. Plan del uso de materiales

Tabla 39. Uso y pedido de materiales durante el mes de diciembre - MRP

PARTIDAS	TAREAS	ARTÍCULOS	CANTIDAD	UNIDAD	FECHA DE PEDIDO	FECHA DE ENTREGA	LEAD TIME	INVENTARIO DISPONIBLE	STOCK DE SEGURIDAD	DESCRIPCIÓN	DICIEMBRE			
											SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
AULA 02 Y 03	A2-3 Pisos y pavimentos	Piedra chancada 1/2"	12	M3	29/12/2021	30/12/2021	1	0	0	Sobró 0.5 m3 de piedra				
		Agua	5	M3	30/11/2021	1/12/2021	1	0	0	0				
		Arena Gruesa	14	M3	30/11/2021	1/12/2021	1	0	0	0				
		Cemento Portland	16	BOL	30/11/2021	1/12/2021	1	0	0	0				
	A2-3Carpintería	Puerta	2	UNIDAD	1/12/2021	12/12/2021	11	0	0	0				
		Marcos de madera	4	UNIDAD	1/12/2021	13/12/2021	12	0	0	0				
	A2-3 Cerrajería	Cerraduras de sobreponer	1	UNIDAD	10/12/2021	12/12/2021	2	0	0	0				
		Pernos	12	UNIDAD	10/12/2021	12/12/2021	2	0	0	0				
	A2-3 Pintura	Pintura anticorrosiva	1	GALÓN	9/12/2021	10/12/2021	1	0	0	0				
		Pintura esmalte	1	GALÓN	9/12/2021	10/12/2021	1	0	0	0				
		Pintura Látex	1	GALON	9/12/2021	10/12/2021	1	0	0	0				
	A2-3 Instalaciones eléctricas	Tubería PVC SAP eléctrica	12	UNIDAD	20/12/2021	25/12/2021	5	0	0	0				
		Cable de cobre 25 mm2	15	M	20/12/2021	22/12/2021	2	0	0	0				
		Caja de pase galvanizado 100x10x50 mm	1	UNIDAD	10/12/2021	24/12/2021	14	0	0	0				

		Interruptor diferencial	4	UNIDAD	23/12/2021	24/12/2021	1	0	0	0				
		Interruptor doble	4	UNIDAD	23/12/2021	24/12/2021	1	0	0	0				
		Reflector LED	5	UNIDAD	23/12/2021	25/12/2021	2	0	0	0				
		Luminaria LED 24 ww	2	UNIDAD	23/12/2021	25/12/2021	2	0	0	0				
AULA 04	A4 Pisos y pavimentos	Piedra chancada 1/2"	10	M3	30/11/2021	1/12/2021	1	0.5 m3	0	Se pidieron solo 9.5 m3 de piedra chancada				
		Agua	3	M3	1/12/2021	1/12/2021	0	0	0	0				
		Arena Gruesa	12	M3	30/11/2021	1/12/2021	1	0	0	0				
		Cemento Portland	15	BOL	30/11/2021	1/12/2021	1	0	0	Sobró 1 bolsa se cemento				
	A4 Carpintería	Puerta	2	UNIDAD	23/11/2021	5/12/2021	12	0	0	0				
		Marcos de madera	3	UNIDAD	23/11/2021	5/12/2021	12	0	0	0				
	A4 Cerrajería	Cerraduras de sobreponer	1	UNIDAD	6/12/2021	8/12/2021	2	0	0	0				
		Pernos	12	UNIDAD	6/12/2021	8/12/2021	2	0	0	0				
	A4 Pintura	Pintura anticorrosiva	1	GALÓN	1/12/2021	9/12/2021	8	0	0	0				
		Pintura esmalte	1	GALÓN	1/12/2021	9/12/2021	8	0	0	0				
		Pintura Látex	1	GALON	1/12/2021	9/12/2021	8	0	0	0				
	A4 Instalaciones eléctricas	Tubería PVC SAP eléctrica	10	UNIDAD	2/12/2021	4/12/2021	2	0	0	0				
		Cable de cobre 25 mm2	12	M	2/12/2021	4/12/2021	2	0	0	0				

	Caja de pase galvanizado 100x10x50 mm	1	UNIDAD	2/12/2021	4/12/2021	2	0	0	0			
	Interruptor diferencial	4	UNIDAD	2/12/2021	4/12/2021	2	0	0	0			
	Interruptor doble	4	UNIDAD	2/12/2021	4/12/2021	2	0	0	0			
	Reflector LED	4	UNIDAD	2/12/2021	4/12/2021	2	0	0	0			
	Luminaria LED 24 ww	2	UNIDAD	2/12/2021	5/01/2022	34	0	0	0			
A4 Instalaciones sanitarias	Abrazaderas con tornillos	10	UNIDAD	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			
	Acero corrugado	9	KG	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			
	Arena fina	1	M3	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			
	Caja de concreto	1	UNIDAD	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			
	Alambre negro	3	KG	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			
	Madera Tornillo	5	P2	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			
	Clavos	1.5	KG	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			
	Cemento Portland	7	BOL	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			
	Tuberías codo PVC 3/4 x 90	5	UNIDAD	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			
	Tuberías 4"	10	PZAS	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			
	Pegamento para tubería	1	GALON	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			

		Sombrero con ventilación	3	UNIDAD	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			
		Lavatorio	1	UNIDAD	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			
		Cerámica	4	M2	1/12/2021	2/12/2021	1	0	0	0			
SS.HH NIÑOS Y NIÑAS	SH-N Carpintería	Puerta	2	UNIDAD	1/12/2021	9/12/2021	8	0	0	0			
		Marcos de madera	4	UNIDAD	1/12/2021	9/12/2021	8	0	0	0			
	SH-N Cerrajería	Cerraduras de sobreponer	1	UNIDAD	6/12/2021	8/12/2021	2	0	0	0			
		Pernos	12	UNIDAD	6/12/2021	8/12/2021	2	0	0	0			
	SH-N Pintura	Pintura anticorrosiva	1	GALÓN	10/12/2021	12/12/2021	2	0	0	0			
		Pintura esmalte	1	GALÓN	12/12/2021	13/12/2021	1	0	0	0			
		Pintura Látex	1	GALON	12/12/2021	13/12/2021	1	0	0	0			
	SH -N Instalaciones eléctricas	Tubería PVC SAP eléctrica	12	UNIDAD	1/12/2021	10/12/2021	9	0	0	0			
		Cable de cobre 25 mm2	15	M	1/12/2021	10/12/2021	9	0	0	0			
		Caja de pase galvanizado 100x10x50 mm	1	UNIDAD	1/12/2021	10/12/2021	9	0	0	0			
		Interruptor diferencial	4	UNIDAD	1/12/2021	10/12/2021	9	0	0	0			
		Interruptor doble	4	UNIDAD	1/12/2021	10/12/2021	9	0	0	0			
		Reflector LED	5	UNIDAD	1/12/2021	10/12/2021	9	0	0	0			
		Luminaria LED 24 ww	2	UNIDAD	1/12/2021	10/12/2021	9	0	0	0			
SH-N Instalaciones sanitarias	Cemento Portland	6	BOL	12/12/2021	14/12/2021	2	0	0	Se compraron 5 bolsas de cemento				

		Tuberías codo PVC 3/4 x 90	4	UNIDAD	11/12/2021	14/12/2021	3	0	0	0			
		Tuberías 4"	7	PZAS	12/12/2021	14/12/2021	2	0	0	0			
		Pegamento para tubería	0.5	GALON	12/12/2021	14/12/2021	2	0	0	0			
		Sombrero con ventilación	2	UNIDAD	12/12/2021	14/12/2021	2	0	0	0			
		Lavatorio	5	UNIDAD	1/12/2021	14/12/2021	13	0	0	0			
		Inodoro	5	UNIDAD	2/12/2021	14/12/2021	12	0	0	0			
		Cerámica	4	M2	1/12/2021	14/12/2021	13	0	0	0			
CUARTO DE CISTERNAS DE MÁQUINAS	C- Pisos y pavimentos	Piedra chancada 1/2"	4	M3	9/12/2021	10/12/2021	1	0	0	0			
		Agua	2	M3	9/12/2021	10/12/2021	1	0	0	0			
		Arena Gruesa	3	M3	9/12/2021	10/12/2021	1	0	0	0			
		Cemento Portland	10	BOL	9/12/2021	10/12/2021	1	0	0	0			
	C- Carpintería	Puerta	1	UNIDAD	10/12/2021	17/12/2021	7	0	0	0			
		Marcos de madera	1	UNIDAD	10/12/2021	17/12/2021	7	0	0	0			
	C - Cerrajería	Cerraduras de sobreponer	1	UNIDAD	10/12/2021	17/12/2021	7	0	0	0			
		Pernos	12	UNIDAD	10/12/2021	17/12/2021	7	0	0	0			
	C - Pintura	Pintura anticorrosiva	0.5	GALÓN	10/12/2021	17/12/2021	7	0	0	0			
		Pintura esmalte	0.5	GALÓN	10/12/2021	17/12/2021	7	0	0	0			
		Pintura Látex	0.5	GALON	10/12/2021	17/12/2021	7	0	0	0			

	A4 Instalaciones eléctricas	Tubería PVC SAP eléctrica	12	UNIDAD	10/12/2021	17/12/2021	7	0	0	0				
		Cable de cobre 25 mm2	15	M	10/12/2021	18/12/2021	8	0	0	0				
		Caja de pase galvanizado 100x10x50 mm	1	UNIDAD	10/12/2021	18/12/2021	8	0	0	0				
		Interruptor diferencial	4	UNIDAD	10/12/2021	17/12/2021	7	0	0	0				
		Interruptor doble	4	UNIDAD	10/12/2021	18/12/2021	8	0	0	0				
		Reflector LED	5	UNIDAD	10/12/2021	18/12/2021	8	0	0	0				
		Luminaria LED 24 ww	2	UNIDAD	10/12/2021	18/12/2021	8	0	0	0				
SS.DICAPACITOS	SD - Carpintería	Puerta	2	UNIDAD	1/12/2021	11/12/2021	10	0	0	Una de las puertas tenía un despercto. El día 15 , el proveedor, envió una puerta nueva				
		Marcos de madera	4	UNIDAD	1/12/2021	11/12/2021	10	0	0	0				
	SD -Cerrajería	Cerraduras de sobreponer	1	UNIDAD	1/12/2021	11/12/2021	10	0	0	0				
		Pernos	12	UNIDAD	1/12/2021	11/12/2021	10	0	0	0				
	SD -Pintura	Pintura anticorrosiva	1	GALÓN	1/12/2021	11/12/2021	10	0	0	0				
		Pintura esmalte	1	GALÓN	1/12/2021	11/12/2021	10	0	0	0				
		Pintura Látex	1	GALON	1/12/2021	11/12/2021	10	0	0	0				

SD - Instalaciones eléctricas	Tubería PVC SAP eléctrica	12	UNIDAD	4/12/2021	11/12/2021	7	0	0	0				
	Cable de cobre 25 mm2	15	M	4/12/2021	11/12/2021	7	0	0	0				
	Caja de pase galvanizado 100x10x50 mm	1	UNIDAD	4/12/2021	11/12/2021	7	0	0	0				
	Interruptor diferencial	4	UNIDAD	4/12/2021	11/12/2021	7	0	0	0				
	Interruptor doble	4	UNIDAD	4/12/2021	11/12/2021	7	0	0	0				
	Reflector LED	5	UNIDAD	4/12/2021	11/12/2021	7	0	0	0				
	Luminaria LED 24 ww	2	UNIDAD	4/12/2021	11/12/2021	7	0	0	0				
SD - Instalaciones sanitarias	Cemento Portland	6	BOL	2/12/2021	4/12/2021	1	0	0	0				
	Tuberías codo PVC 3/4 x 90	4	UNIDAD	3/12/2021	5/12/2021	1	0	0	0				
	Tuberías 4"	7	PZAS	4/12/2021	6/12/2021	1	0	0	0				
	Pegamento para tubería	0.5	GALON	5/12/2021	7/12/2021	1	0	0	0				
	Cerámica	4	M2	6/12/2021	8/12/2021	1	0	0	0				
	Lavatorio	4	UNIDAD	7/12/2021	9/12/2021	1	0	0	0				
	Inodoro	4	UNIDAD	8/12/2021	10/12/2021	1	0	0	0				
P- Solado	Cemento Portland	3	BOL	1/12/2021	6/12/2021	5	0	0	0				
	Agua	2	M3	1/12/2021	6/12/2021	5	0	0	0				
P- Zapata	Agua	1	M3	1/12/2021	6/12/2021	5	0	0	0				

		Cemento Portland	6	BOL	10/12/2021	13/12/2021	3	0	0	0				
		Piedra chancada 1/2"	1	M3	10/12/2021	13/12/2021	3	0	0	0				
		Arena Gruesa	1	M3	10/12/2021	13/12/2021	3	0	0	Se utilizó 0.5 de Irena en la obra.				
	P- Vigas de conexión	Piedra chancada 1/2"	1	M3	10/12/2021	18/12/2021	8	0	0	0				
		Agua	1	M3	10/12/2021	18/12/2021	8	0	0	0				
		Arena gruesa	1	M3	10/12/2021	18/12/2021	8	0	0	0				
		Cemento Portland	7	BOL	10/12/2021	20/12/2021	10	0	0	0				
	P- Columnas	Piedra chancada 1/2"	1	M3	16/12/2021	20/12/2021	4	0	0	0				
		Agua	1	M3	16/12/2021	20/12/2021	4	0	0	0				
		Arena gruesa	1	M3	16/12/2021	20/12/2021	4	0	0	0				
		Cemento Portland	9	BOL	16/12/2021	20/12/2021	4	0	0	0				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Uso y pedido de materiales durante el mes de enero - MRP

PARTIDAS	ACTIVIDADES	TAREAS	ARTÍCULOS	CANTIDAD	UNIDAD	FECHA DE PEDIDO	FECHA DE ENTREGA	LEAD TIME	INVENTARIO DISPONIBLE	STOCK DE SEGURIDAD	DESCRIPCIÓN	ENERO			
												SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
DIRECCIÓN	D - Columnas	D - Columnas	Piedra chancada 1/2"	1	M3	2/01/2022	3/01/2022	1	0	0					
			Agua	1	M3	30/12/2021	1/01/2022	2	0	0					
			Arena gruesa	1	M3	31/12/2021	1/01/2022	1	0	0					
			Cemento Portland	9	BOL	31/12/2021	1/01/2022	1	0	0					
		D - Muros de concreto	Clavos	2	KG	1/01/2022	12/01/2022	11	0	0					
			Agua	2	M3	1/01/2022	13/01/2022	12	0	0					
			Ladrillo	1	M	10/01/2022	12/01/2022	2	0	0					
			Arena gruesa	2	M3	10/01/2022	12/01/2022	2	0	0					
		D - Techo	Cemento Portland	25	BOL	9/01/2022	12/01/2022	3	0	0					
			Clavos 2"	5	KG	9/01/2022	12/01/2022	3	0	0					
			Agua	2	M3	9/01/2022	12/01/2022	3	0	0					
			Arena gruesa	1	M	10/01/2022	12/01/2022	2	0	0					
	Cemento Portland		2	M3	10/01/2022	12/01/2022	2	0	0						
	D - Pisos y pavimentos	Madera Tornillo	20	BOL	10/01/2022	12/01/2022	2	0	0						
		D - Pisos y pavimentos	Piedra chancada 1/2"	4	M3	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0					
			Agua	2	M3	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0					
			Arena Gruesa	3	M3	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0					
			Cemento Portland	10	BOL	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0					
		Puerta	1	UNIDAD	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0						

	D - Carpintería	Marcos de madera	1	UNIDAD	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0				
	D - Cerrajería	Cerraduras de sobrepone r	1	UNIDAD	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0				
		Pernos	12	UNIDAD	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0				
	D - Pintura	Pintura anticorrosiva	0.5	GALÓN	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0				
		Pintura esmalte	0.5	GALÓN	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0				
		Pintura Látex	0.5	GALÓN	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0				
	D - Instalaciones eléctricas	Tubería PVC SAP eléctrica	12	UNIDAD	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0				
		Cable de cobre 25 mm2	15	M	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0				
		Caja de pase galvanizado 100x10x50 mm	1	UNIDAD	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0				
		Interruptor diferencial	4	UNIDAD	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0				
		Interruptor doble	4	UNIDAD	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0				
		Reflector LED	5	UNIDAD	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0				
		Luminaria LED 24 ww	2	UNIDAD	10/01/2022	16/01/2022	6	0	0				
	D - Acabados	Cemento Portland	3	BOL	10/01/2022	22/01/2022	12	0	0				
		Agua	1	M3	10/01/2022	22/01/2022	12	0	0				
		Arena gruesa	0.5	M3	10/01/2022	22/01/2022	12	0	0				
BIBLIOTECA	A - Solado	Cemento Portland	3	BOL	2/01/2022	3/01/2022	1	0	0				

	Agua	2	M3	2/01/2022	3/01/2022	1	0	0				
A - Zapata	Agua	1	M3	2/01/2022	3/01/2022	1	0	0				
	Cemento Portland	6	BOL	2/01/2022	3/01/2022	1	0	0				
	Piedra chancada 1/2"	1	M3	2/01/2022	3/01/2022	1	0	0				
	Arena Gruesa	1	M3	2/01/2022	3/01/2022	1	0	0				
A - Vigas de conexión	Piedra chancada 1/2"	1	M3	2/01/2022	3/01/2022	1	0	0				
	Agua	1	M3	2/01/2022	3/01/2022	1	0	0				
	Arena gruesa	1	M3	2/01/2022	3/01/2022	1	0	0				
	Cemento Portland	7	BOL	2/01/2022	3/01/2022	1	0	0				
A - Columnas	Piedra chancada 1/2"	1	M3	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				
	Agua	1	M3	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				
	Arena gruesa	1	M3	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				
	Cemento Portland	9	BOL	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				
A - Muros de concreto	Clavos	2	KG	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				
	Agua	2	M3	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				
	Ladrillo	1	M	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				
	Arena gruesa	2	M3	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				
	Cemento Portland	25	BOL	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				
A - Techo	Clavos 2"	5	KG	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				
	Agua	2	M3	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				
	Arena gruesa	1	M	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				
	Cemento Portland	2	M3	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				

	Madera Tornillo	20	BOL	5/01/2022	7/01/2022	2	0	0				
A - Pisos y pavimentos	Piedra chancada 1/2"	4	M3	15/01/2022	25/01/2022	10	0	0				
	Agua	2	M3	15/01/2022	25/01/2022	10	0	0				
	Arena Gruesa	3	M3	15/01/2022	25/01/2022	10	0	0				
	Cemento Portland	10	BOL	15/01/2022	25/01/2022	10	0	0				
A - Carpintería	Puerta	1	UNIDAD	15/01/2022	25/01/2022	10	0	0				
	Marcos de madera	1	UNIDAD	15/01/2022	25/01/2022	10	0	0				
A - Cerrajería	Cerraduras de sobrepone r	1	UNIDAD	15/01/2022	25/01/2022	10	0	0				
	Pernos	12	UNIDAD	15/01/2022	25/01/2022	10	0	0				
A - Acabados	Cemento Portland	3	BOL	15/01/2022	25/01/2022	10	0	0				
	Agua	1	M3	15/01/2022	25/01/2022	10	0	0				
	Arena gruesa	0.5	M3	15/01/2022	25/01/2022	10	0	0				
A - Instalaciones eléctricas	Tubería PVC SAP eléctrica	12	UNIDAD	15/01/2022	22/01/2022	7	0	0				
	Cable de cobre 25 mm2	15	M	15/01/2022	22/01/2022	7	0	0				
	Caja de pase galvanizado 100x10x50 mm	1	UNIDAD	15/01/2022	22/01/2022	7	0	0				
	Interruptor diferencial	4	UNIDAD	15/01/2022	22/01/2022	7	0	0				
	Interruptor doble	4	UNIDAD	15/01/2022	22/01/2022	7	0	0				
	Reflector LED	5	UNIDAD	15/01/2022	22/01/2022	7	0	0				

		Luminaria LED 24 ww	2	UNIDAD	15/01/2022	22/01/2022	7	0	0					
SS.HH DAMAS	SD - Solado	Cemento Portland	3	BOL	2/01/2022	4/01/2022	2	0	0					
		Agua	2	M3	2/01/2022	4/01/2022	2	0	0					
	SD - Zapata	Agua	1	M3	2/01/2022	4/01/2022	2	0	0					
		Cemento Portland	6	BOL	2/01/2022	4/01/2022	2	0	0					
		Piedra chancada 1/2"	1	M3	2/01/2022	4/01/2022	2	0	0					
		Arena Gruesa	1	M3	2/01/2022	4/01/2022	2	0	0					
	SD - Vigas de conexión	Piedra chancada 1/2"	1	M3	2/01/2022	4/01/2022	2	0	0					
		Agua	1	M3	2/01/2022	4/01/2022	2	0	0					
		Arena gruesa	1	M3	2/01/2022	4/01/2022	2	0	0					
		Cemento Portland	7	BOL	2/01/2022	4/01/2022	2	0	0					
	SD - Columnas	Piedra chancada 1/2"	1	M3	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0					
		Agua	1	M3	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0					
		Arena gruesa	1	M3	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0					
		Cemento Portland	9	BOL	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0					
	SD - Muros de concreto	Clavos	2	KG	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0					
		Agua	2	M3	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0					
		Ladrillo	1	M	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0					
Arena gruesa		2	M3	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0						
Cemento Portland		25	BOL	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0						
SD - Techo	Clavos 2"	5	KG	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0						
	Agua	2	M3	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0						

		Arena gruesa	1	M	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0				
		Cemento Portland	2	M3	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0				
		Madera Tornillo	20	BOL	10/01/2022	13/01/2022	3	0	0				
	SD - Pisos y pavimentos	Piedra chancada 1/2"	4	M3	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Agua	2	M3	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Arena Gruesa	3	M3	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Cemento Portland	10	BOL	12/01/2022	18/01/2022	1	0	0				
	SD - Carpintería	Puerta	1	UNIDAD	12/01/2022	18/01/2022	1	0	0				
		Marcos de madera	1	UNIDAD	12/01/2022	18/01/2022	1	0	0				
	SD - Cerrajería	Cerraduras de sobrepone r	1	UNIDAD	12/01/2022	18/01/2022	1	0	0				
		Pernos	12	UNIDAD	12/01/2022	18/01/2022	1	0	0				
	SD - Pintura	Pintura anticorrosiva	0.5	GALÓN	12/01/2022	18/01/2022	1	0	0				
		Pintura esmalte	0.5	GALÓN	12/01/2022	18/01/2022	1	0	0				
		Pintura Látex	0.5	GALÓN	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
	SD - Instalaciones eléctricas	Tubería PVC SAP eléctrica	12	UNIDAD	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Cable de cobre 25 mm2	15	M	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Caja de pase galvanizado 100x10x50 mm	1	UNIDAD	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Interruptor diferencial	4	UNIDAD	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				

		Interruptor doble	4	UNIDAD	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Reflector LED	5	UNIDAD	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Luminaria LED 24 ww	2	UNIDAD	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
	SD - Instalaciones sanitarias	Cemento Portland	6	BOL	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Tuberías codo PVC 3/4 x 90	4	UNIDAD	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Tuberías 4"	7	PZAS	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Pegamento para tubería	0.5	GALON	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Cerámica	4	M2	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Lavatorio	4	UNIDAD	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Inodoro	4	UNIDAD	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
	SD - Acabados	Cemento Portland	3	BOL	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Agua	1	M3	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				
		Arena gruesa	0.5	M3	12/01/2022	18/01/2022	6	0	0				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12. Datos para el cálculo del Takt Time durante el periodo de post-prueba (Febrero, Marzo, Abril y Mayo)

Tabla 41. Datos para el cálculo del takt time

MES	DÍAS TRABAJOS	MODULOS TRABAJADOS	NÚMERO DE OPERARIOS	% AVANCE DE OBRA MENSUAL DESEADO	% OBRA ACUMULADO	TAKT TIME (%AVANCE DE OBRA/DÍA)
Febrero	28	SS.HH Varones	8	3.3	13.88	0.50
		Sala de profesores	8	5.57		
		Almacén general	6	5.01		
Marzo	30	SS.HH discapacitados	7	3.69	7.11	0.24
		Sala de profesores	8	2.03		
		Almacén general	6	1.39		
Abril	30	Veredas	8	5.95	16.01	0.53
		Pisos	8	5.95		
		S.HH Discapacitados Adultos	7	0.21		
		Áreas verdes	10	3.90		
Mayo	30	Cerco perimétrico	7	5.50	14.10	0.47
		Veredas	8	3.15		
		Pisos	8	3.65		
		Pintado / acabados	3	1.80		
% DE AVANCE DE OBRA PROMEDIO						0.43

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13. Datos para el cálculo de los tiempos de ciclo y el nuevo mapa de flujo de valor

MES	DÍAS TRABAJOS	MODULOS TRABAJADOS	ACTIVIDADES REALIZADAS	NÚMERO DE OPERARIOS	% AVANCE DE OBRA DESEADO	% AVANCE DE OBRA REAL	% DE ATRÁS DE OBRA		
FEBRERO	28	SS. HH varones	*Movimientos de tierras	8	0.05	0.05			
			*Solado		0.08	0.08			
			*Zapata		0.09	0.09			
			*Vigas de conexión		0.1	0.1			
			*Columnas		0.16	0.16			
			*Muro de concreto		0.91	0.91			
			*Tarrajeo		0.25	0.25			
			*Cielo raso		0.73	0.73			
			*Pisos		0.61	0.61			
			*Carpintería		0.07	0.07			
			*Cerrajería		0.03	0.03			
			*Pintura		0.06	0.06			
			*Instalaciones eléctricas		0.07	0.07			
			*Instalaciones sanitarias		0.09	0.09			
		TOTAL				3.3	3.3	3.30	
				Sala de profesores	*Movimientos de tierras	8	0.15	0.15	
					*Solado		0.18	0.18	
					*Zapata		0.23	0.23	
					*Vigas de conexión		0.25	0.25	
					*Columnas		0.56	0.56	
		* Lozas aligeradas	0.25		0.25				
		* Sardineles	0.26		0.26				
						5.57			

		*Muro de concreto		1.77	1.77	
		*Tarrajeo		0.78	0.78	
		*Cielo raso		1.59	1.02	
		*Pisos y pavimentos		0.73	0.00	
		*Carpintería		0.27	0.00	
		*Cerrajería		0.25	0.00	
		*Pintura		0.21	0.00	
		*Instalaciones eléctricas		0.12	0.12	
		TOTAL		7.6	5.57	
	Almacén General	*Movimientos de tierras	6	0.15	0.15	
		*Solado		0.18	0.18	
		*Zapata		0.18	0.18	
		*Vigas de conexión		0.25	0.25	
		*Columnas		0.42	0.42	
		* Lozas aligeradas		0.25	0.25	
		* Sardineles		0.26	0.26	
		*Muro de concreto		1.3	1.02	
		*Tarrajeo		0.74	0.74	
		*Cielo raso		0.91	0.91	
		*Pisos y pavimentos		0.83	0.45	
		*Carpintería		0.27	0.00	
		*Cerrajería		0.25	0.00	
		*Pintura		0.21	0.00	
		*Instalaciones eléctricas		0.2	0.20	
		TOTAL		6.4	5.01	5.01

MARZO	30	SS.HH Discapacitados adultos	7	*Movimientos de tierras	0.05	0.05		
				*Solado	0.08	0.08		
				*Zapata	0.09	0.09		
				*Vigas de conexión	0.1	0.1		
				*Columnas	0.16	0.16		
				*Muro de concreto	1.1	1.1		
				*Tarrajeo	0,45	0,45		
				*Lozas	0.12	0.12		
				*Cielo raso	0.98	0.98		
				*Pisos	0.61	0.61		
				*Carpintería	0.07	0.00		
				*Cerrajería	0.03	0.00		
				*Pintura	0.11	0.00		
				*Instalaciones sanitarias	0.25	0.25		
	*Instalaciones eléctricas	0.15	0.15					
	TOTAL				3.9	3.69	3.69	
			Sala de profesores	8	*Movimientos de tierras	0.15	0.15	
					*Solado	0.18	0.18	
					*Zapata	0.23	0.23	
					*Vigas de conexión	0.25	0.25	
*Columnas					0.56	0.56		
* Lozas aligeradas					0.25	0.25		
* Sardineles					0.26	0.26		
*Muro de concreto					1.77	1.77		
*Tarrajeo					0.78	0.78	2.03	

ABRIL	30	Veredas	*Movimientos de tierras	8	0.98	0.98	5.95
			*Encofrado		1.72	1.02	
			*Juntas		0.65	0.65	
			*Vaciado de concreto		3.32	2.01	
			*Pulido		1.64	0.78	
			*Desencofrado		0.69	0.44	
			*Riego		0.10	0.07	
			TOTAL		9.10	5.95	
		Pisos en interiores y exteriores	*Movimientos de tierras	8	0.98	0.98	
	*Encofrado		1.82		1.02		
	*Juntas		0.73		0.65		
	*Vaciado de concreto		3.32		2.01		
	*Pulido		1.95		0.78		
	*Desencofrado		0.69		0.44		
	*Riego		0.11		0.07		
	TOTAL		9.6		5.95		
	SS.HH Discapacitados adultos	*Movimientos de tierras	7	0.05	0.05	0.21	
		*Solado		0.08	0.08		
		*Zapata		0.09	0.09		
		*Vigas de conexión		0.1	0.1		
		*Columnas		0.16	0.16		
		*Muro de concreto		1.1	1.1		
		*Tarrajeo		0,45	0,45		

			*Lozas		0.12	0.12	
			*Cielo raso		0.98	0.98	
			*Pisos		0.61	0.61	
			*Carpintería		0.07	0.07	
			*Cerrajería		0.03	0.03	
			*Pintura		0.11	0.11	
			*Instalaciones sanitarias		0.25	0.25	
			*Instalaciones eléctricas		0.15	0.15	
			TOTAL		3.9	3.9	
		Áreas verdes	*Movimientos de tierras	10	0.54	0.54	3.90
			*Instalaciones sanitarias		0.10	0.10	
			*Nivelación		0.12	0.12	
			*Tierra de chacra		1.01	1.01	
			* Riego		0.17	0.17	
			*Plantado		1.65	1.65	
			* Riego		0.31	0.31	
			TOTAL		3.90	3.9	
MAYO	30	Cerco perimétrico	*Movimientos de tierras	7	0.64	0.64	5.50
			*Corte de madera		1.97	1.97	
			^Laqueado		0.54	0.54	
			*Instalación		1.63	1.63	
			*Pintado		0.72	0.72	
			TOTAL		5.50	5.5	
		Veredas	*Movimientos de tierras	8	0.98	0.98	3.15
			*Encofrado		1.72	1.72	
*Juntas	0.65		0.65				

			*Vaciado de concreto		3.32	3.32	
			*Pulido		1.64	1.64	
			*Desencofrado		0.69	0.69	
			*Riego		0.10	0.10	
			TOTAL		9.1	9.1	
	Pisos		*Movimientos de tierras	8	0.98	0.98	3.65
			*Encofrado		1.82	1.82	
			*Juntas		0.73	0.73	
			*Vaciado de concreto		3.32	3.32	
			*Pulido		1.95	1.95	
			*Desencofrado		0.69	0.69	
			*Riego		0.11	0.11	
			TOTAL		9.6	9.6	
	Pintado Acabados		*Pintado	3	1.40	1.40	1.80
			*Corte de concreto		0.21	0.21	
			*Resanado		0.19	0.19	
			TOTAL		1.80	1.80	
AVANCE DE OBRA CUATRIMESTRAL (%)							51.10

Fuente: Elaboración propia

FECHA	TAREO	NÚMERO DE OPERARIOS	CUADRILLA 1 - VEREDAS			FECHA	TAREO	CUADRILLA 2 - PISOS			FECHA	TAREO	CUADRILLA 3 - SS.HH DISC. ADULTOS			FECHA	TAREO	CUADRILLA 4 - ÁREAS VERDES			OBSERVACIONES	EFICIENCIA GLOBAL PROMEDIO (%)
			TIEMPO ÚTIL TRABAJADO (HR.)	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HR.)	EFICIENCIA GLOBAL (%)			TIEMPO ÚTIL TRABAJADO (HR.)	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HR.)	EFICIENCIA GLOBAL (%)			TIEMPO ÚTIL TRABAJADO (HR.)	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HR.)	EFICIENCIA GLOBAL (%)			TIEMPO ÚTIL TRABAJADO (HR.)	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HR.)	EFICIENCIA GLOBAL (%)		
1/04/2022	Movimiento de tierras	33	7.3	8	91.25 %	1/04/2022	Movimiento de tierras	7.2	8	90.00 %	1/04/2022	Carpintería	7.4	8	92.50 %	1/04/2022	Movimiento de tierras	7.4	8	92.50 %	Se redujeron la cantidad de horas perdidas por falta de materiales, tras la aplicación de un nuevo sistema de organización de almacenes y pedidos	91.56 %
2/04/2022			7.3	8	91.25 %	2/04/2022		7.5	8	93.75 %	2/04/2022	Cerrajería	7.6	8	95.00 %	2/04/2022		7.6	8	95.00 %		93.75 %
3/04/2022			7.2	8	90.00 %	3/04/2022		7.1	8	88.75 %	3/04/2022	Pintura	7.5	8	93.75 %	3/04/2022		7.5	8	93.75 %		91.56 %
4/04/2022			7.5	8	93.75 %	4/04/2022		7.4	8	92.50 %	4/04/2022		7.5	8	93.75 %	4/04/2022		7.5	8	93.75 %		93.44 %
5/04/2022			7.6	8	95.00 %	5/04/2022		7.1	8	88.75 %					5/04/2022	7.2		8	90.00 %	91.25 %		
6/04/2022			7.5	8	93.75 %	6/04/2022		7.5	8	93.75 %					6/04/2022	7.3		8	91.25 %	92.92 %		
7/04/2022			7.5	8	93.75 %	7/04/2022		7.3	8	91.25 %					7/04/2022	7.5		8	93.75 %	92.92 %		
8/04/2022			7.4	8	92.50 %	8/04/2022		7.1	8	88.75 %					8/04/2022	7.6		8		90.63 %		
9/04/2022			7.3	8	91.25 %	9/04/2022		7.6	8	95.00 %					9/04/2022	7.5		8	93.75 %	93.33 %		
10/04/2022			7.2	8	90.00 %	10/04/2022		7.4	8	92.50 %					10/04/2022	7.3		8	91.25 %	91.25 %		
11/04/2022			7.5	8	93.75 %	11/04/2022		7.6	8	95.00 %					11/04/2022	7.5		8	93.75 %	94.17 %		
12/04/2022	Encofrados	33	7.2	8	90.00 %	12/04/2022	Encofrados	7.5	8	93.75 %					12/04/2022	Tierra de chacra	7.5	8	93.75 %	92.50 %		
13/04/2022			7.3	8	91.25 %	13/04/2022		7.6	8	95.00 %					13/04/2022	7.5	8	93.75 %	93.33 %			
14/04/2022			7.5	8	93.75 %	14/04/2022		7.9	8	98.75 %					14/04/2022	7.3	8	91.25 %	94.58 %			
15/04/2022			7.6	8	95.00 %	15/04/2022		7.4	8	92.50 %					15/04/2022	7.2	8	90.00 %	92.50 %			
16/04/2022			7.5	8	93.75 %	16/04/2022		7.6	8	95.00 %					16/04/2022	7.1	8	88.75 %	92.50 %			
17/04/2022			7.5	8	93.75 %	17/04/2022		7.3	8	91.25 %					17/04/2022	7.4	8	92.50 %	92.50 %			
18/04/2022			7.5	8	93.75 %	18/04/2022		7.5	8	93.75 %					18/04/2022	7.5	8	93.75 %	93.75 %			
19/04/2022			7.3	8	91.25 %	19/04/2022		7.5	8	93.75 %					19/04/2022	7.2	8	90.00 %	91.67 %			

8/05/2022	Vigas Columnas		7.3	8	91.25 %	8/05/2022	Vigas Columnas	7.4	8	92.50 %	8/05/2022	Vigas Columnas	7.5	8	93.75 %					almacenes y pedidos	92.50 %		
9/05/2022			7.5	8	93.75 %	9/05/2022		7.5	8	93.75 %	9/05/2022		7.3	8	91.25 %						92.92 %		
10/05/2022			7.3	8	91.25 %	10/05/2022		7.5	8	93.75 %	10/05/2022		7.5	8	93.75 %						92.92 %		
11/05/2022			7.4	8	92.50 %	11/05/2022		7.3	8	91.25 %	11/05/2022		7.5	8	93.75 %						92.50 %		
12/05/2022	Muros de concreto		7.5	8	93.75 %	12/05/2022	Muros de concreto	7.4	8	92.50 %	12/05/2022	Muros de concreto	7.5	8	93.75 %					93.33 %			
13/05/2022			7.5	8	93.75 %	13/05/2022		7.4	8	92.50 %	13/05/2022		7.5	8	93.75 %					93.33 %			
14/05/2022			7.3	8	91.25 %	14/05/2022		7.4	8	92.50 %	14/05/2022		7.2	8	90.00 %					91.25 %			
15/05/2022			7.5	8	93.75 %	15/05/2022		7.5	8	93.75 %	15/05/2022		7.5	8	93.75 %					93.75 %			
16/05/2022			7.5	8	93.75 %	16/05/2022		7.4	8	92.50 %	16/05/2022		7.1	8	88.75 %					91.67 %			
17/05/2022			7.1	8	88.75 %	17/05/2022		7.4	8	92.50 %	17/05/2022		7.4	8	92.50 %					91.25 %			
18/05/2022			7.3	8	91.25 %	18/05/2022		7.2	8	90.00 %	18/05/2022		7.3	8	91.25 %	18/05/2022	Pintado	7.3	8	91.25 %	90.94 %		
19/05/2022			7.4	8	92.50 %					19/05/2022	7.5		8	93.75 %	19/05/2022	7.5		8	93.75 %	93.33 %			
20/05/2022			Cielo Raso		7.4	8		92.50 %					20/05/2022	Cielo Raso	7.5	8	93.75 %	20/05/2022	Corte de concreto	7.5	8	93.75 %	93.33 %
21/05/2022					7.5	8		93.75 %						21/05/2022	7.5	8	93.75 %	93.75 %					
22/05/2022	7.5	8			93.75 %					22/05/2022	7.3	8	91.25 %	92.50 %									
23/05/2022	7.2	8			90.00 %					23/05/2022	7.4	8	92.50 %	91.25 %									
24/05/2022	Pisos		7.5	8	93.75 %								24/05/2022	7.5	8	93.75 %	93.75 %						
25/05/2022			7.2	8	90.00 %								25/05/2022	Resanado	7.5	8	93.75 %	91.88 %					
26/05/2022			7.5	8	93.75 %								26/05/2022		7.5	8	93.75 %	93.75 %					
27/05/2022	Instalaciones eléctricas		7.5	8	93.75 %								27/05/2022	Resanado	7.5	8	93.75 %	93.75 %					
28/05/2022			7.6	8	95.00 %								28/05/2022		7.3	8	91.25 %	93.13 %					
29/05/2022	Acabados		7.5	8	93.75 %								29/05/2022	Resanado	7.5	8	93.75 %	93.75 %					
30/05/2022			7.4	8	92.50 %								30/05/2022		7.4	8	92.50 %	92.50 %					
EFICIENCIA PROMEDIO (%)																					92.83 %		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15. Datos para el cálculo de la eficacia después de la aplicación de las herramientas

Tabla 43. Datos para el cálculo de la eficacia

FECHA	TAREO	NÚMERO DE OPERARIOS	% AVANCE DE OBRA PLANIFICADO	%AVANCE DE OBRA REAL	% DE EFICACIA GLOBAL
1/02/2022	Movimiento de tierras	22	13.88	13.88	100.00%
2/02/2022	Movimiento de tierras		13.88	13.88	
3/02/2022	Excavaciones Solado Zapatas		13.88	13.88	
4/02/2022			13.88	13.88	
5/02/2022			13.88	13.88	
6/02/2022			13.88	13.88	
7/02/2022	Vigas Columnas		13.88	13.88	
8/02/2022			13.88	13.88	
9/02/2022			13.88	13.88	
10/02/2022			13.88	13.88	
11/02/2022	Muros de concreto		13.88	13.88	
12/02/2022			13.88	13.88	
13/02/2022			13.88	13.88	
14/02/2022			13.88	13.88	
15/02/2022			13.88	13.88	
16/02/2022			13.88	13.88	
17/02/2022			13.88	13.88	
18/02/2022			13.88	13.88	
19/02/2022	Cielo Raso		13.88	13.88	
20/02/2022			13.88	13.88	
21/02/2022			13.88	13.88	
22/02/2022			13.88	13.88	
23/02/2022			13.88	13.88	

24/02/2022			13.88	13.88	
25/02/2022	Pisos		13.88	13.88	
26/02/2022			13.88	13.88	
27/02/2022		Instalaciones eléctricas		13.88	13.88
28/02/2022			13.88	13.88	
1/03/2022	Movimiento de tierras	21	7.11	7.11	
2/03/2022			7.11	7.11	
3/03/2022	Excavaciones Solado Zapatatas		7.11	7.11	
4/03/2022			7.11	7.11	
5/03/2022			7.11	7.11	
6/03/2022			7.11	7.11	
7/03/2022	Vigas Columnas		7.11	7.11	
8/03/2022			7.11	7.11	
9/03/2022			7.11	7.11	
10/03/2022			7.11	7.11	
11/03/2022			7.11	7.11	
12/03/2022	Muros de concreto		7.11	7.11	
13/03/2022			7.11	7.11	
14/03/2022			7.11	7.11	
15/03/2022			7.11	7.11	
16/03/2022			7.11	7.11	
17/03/2022			7.11	7.11	
18/03/2022			7.11	7.11	
19/03/2022			7.11	7.11	
20/03/2022	Cielo Raso		7.11	7.11	
21/03/2022			7.11	7.11	
22/03/2022			7.11	7.11	
23/03/2022			7.11	7.11	

24/03/2022			7.11	7.11	
25/03/2022	Pisos		7.11	7.11	
26/03/2022			7.11	7.11	
27/03/2022	Instalaciones eléctricas		7.11	7.11	
28/03/2022			7.11	7.11	
29/03/2022	Acabados		7.11	7.11	
30/03/2022			7.11	7.11	
1/04/2022	Movimiento de tierras	33	16.01	16.01	
2/04/2022	Movimiento de tierras		16.01	16.01	
3/04/2022	Excavaciones Solado Zapatas		16.01	16.01	
4/04/2022			16.01	16.01	
5/04/2022			16.01	16.01	
6/04/2022			16.01	16.01	
7/04/2022	Vigas Columnas		16.01	16.01	
8/04/2022			16.01	16.01	
9/04/2022			16.01	16.01	
10/04/2022			16.01	16.01	
11/04/2022			16.01	16.01	
12/04/2022	Muros de concreto		16.01	16.01	
13/04/2022			16.01	16.01	
14/04/2022			16.01	16.01	
15/04/2022			16.01	16.01	
16/04/2022			16.01	16.01	
17/04/2022			16.01	16.01	
18/04/2022			16.01	16.01	
19/04/2022			16.01	16.01	
20/04/2022	Cielo Raso		16.01	16.01	
21/04/2022			16.01	16.01	100.00%

22/04/2022			16.01	16.01	
23/04/2022			16.01	16.01	
24/04/2022	Pisos		16.01	16.01	
25/04/2022			16.01	16.01	
26/04/2022			16.01	16.01	
27/04/2022	Instalaciones eléctricas		16.01	16.01	
28/04/2022			16.01	16.01	
29/04/2022	Acabados		16.01	16.01	
30/04/2022			16.01	16.01	
1/05/2022	Movimiento de tierras	26	14.10	14.10	
2/05/2022	Movimiento de tierras		14.10	14.10	
3/05/2022	Excavaciones Solado Zapatatas		14.10	14.10	
4/05/2022			14.10	14.10	
5/05/2022			14.10	14.10	
6/05/2022			14.10	14.10	
7/05/2022	Vigas Columnas		14.10	14.10	
8/05/2022			14.10	14.10	
9/05/2022			14.10	14.10	
10/05/2022			14.10	14.10	
11/05/2022			14.10	14.10	
12/05/2022	Muros de concreto		14.10	14.10	
13/05/2022			14.10	14.10	
14/05/2022			14.10	14.10	
15/05/2022			14.10	14.10	
16/05/2022			14.10	14.10	
17/05/2022			14.10	14.10	
18/05/2022			14.10	14.10	
19/05/2022			14.10	14.10	100.00%

20/05/2022			14.10	14.10
21/05/2022	Cielo Raso		14.10	14.10
22/05/2022			14.10	14.10
23/05/2022			14.10	14.10
24/05/2022	Pisos		14.10	14.10
25/05/2022			14.10	14.10
26/05/2022			14.10	14.10
27/05/2022	Instalaciones eléctricas		14.10	14.10
28/05/2022			14.10	14.10
29/05/2022	Acabados		14.10	14.10
30/05/2022			14.10	14.10
PROMEDIO DE EFICACIA (%)				100.00%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16. Datos para el cálculo de la productividad de mano de obra después de la aplicación de las herramientas

Tabla 44. Datos para el cálculo de la productividad de mano de obra

FECHA	TAREO	NÚMERO DE OPERARIOS (MENSUAL)	TIEMPO TRABAJADO (HR /MENSUAL)	%AVANCE DE OBRA REAL (MENSUAL)	PRODUCTIVIDAD
1/02/2022	Movimiento de tierras	22	224	13.88	0.0028
2/02/2022	Movimiento de tierras				
3/02/2022	Excavaciones Solado Zapatas				
4/02/2022					
5/02/2022					
6/02/2022					
7/02/2022	Vigas Columnas				
8/02/2022					
9/02/2022					
10/02/2022					
11/02/2022					
12/02/2022	Muros de concreto				
13/02/2022					
14/02/2022					
15/02/2022					
16/02/2022					
17/02/2022					
18/02/2022					
19/02/2022					
20/02/2022	Cielo Raso				
21/02/2022					
22/02/2022					
23/02/2022					
24/02/2022	Pisos				
25/02/2022					
26/02/2022					
27/02/2022	Instalaciones eléctricas				
28/02/2022					
1/03/2022	Movimiento de tierras	21	240	7.11	0.0014
2/03/2022					
3/03/2022	Excavaciones Solado Zapatas				
4/03/2022					
5/03/2022					
6/03/2022					
7/03/2022	Vigas Columnas				
8/03/2022					

9/03/2022					
10/03/2022					
11/03/2022					
12/03/2022	Muros de concreto				
13/03/2022					
14/03/2022					
15/03/2022					
16/03/2022					
17/03/2022					
18/03/2022					
19/03/2022	Cielo Raso				
20/03/2022					
21/03/2022					
22/03/2022					
23/03/2022	Pisos				
24/03/2022					
25/03/2022					
26/03/2022	Instalaciones eléctricas				
27/03/2022					
28/03/2022	Acabados				
29/03/2022					
30/03/2022					
1/04/2022	Movimiento de tierras	33	240	16.01	0.0020
2/04/2022	Movimiento de tierras				
3/04/2022	Excavaciones Solado Zapatas				
4/04/2022					
5/04/2022					
6/04/2022	Vigas Columnas				
7/04/2022					
8/04/2022					
9/04/2022					
10/04/2022					
11/04/2022	Muros de concreto				
12/04/2022					
13/04/2022					
14/04/2022					
15/04/2022					
16/04/2022					
17/04/2022					
18/04/2022					
19/04/2022					

20/04/2022						
21/04/2022	Cielo Raso					
22/04/2022						
23/04/2022						
24/04/2022	Pisos					
25/04/2022						
26/04/2022						
27/04/2022	Instalaciones eléctricas					
28/04/2022						
29/04/2022	Acabados					
30/04/2022						
1/05/2022	Movimiento de tierras					
2/05/2022	Movimiento de tierras					
3/05/2022	Excavaciones Solado Zapatas					
4/05/2022						
5/05/2022						
6/05/2022	Vigas Columnas					
7/05/2022						
8/05/2022						
9/05/2022						
10/05/2022						
11/05/2022	Muros de concreto					
12/05/2022						
13/05/2022						
14/05/2022			26	240	14.10	0.0012
15/05/2022						
16/05/2022						
17/05/2022						
18/05/2022						
19/05/2022	Cielo Raso					
20/05/2022						
21/05/2022						
22/05/2022						
23/05/2022	Pisos					
24/05/2022						
25/05/2022						
26/05/2022	Instalaciones eléctricas					
27/05/2022						
28/05/2022	Acabados					
29/05/2022						
30/05/2022						
PROMEDIO DE PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA (%)					0.0019	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 17. Comparación de indicadores de productividad antes y después de la implementación de las herramientas

Eficiencia (%)								% de incremento de la eficiencia
Pre test				Post test				
Meses				Meses				
Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	
73.75	73.89	72.88	73.29	92.86	92.92	92.8	92.74	
Eficiencia promedio				Eficiencia promedio				
73.45				92.83				26%

Eficacia (%)								% de incremento de la eficacia
Pre test				Post test				
Meses				Meses				
Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	
100	100	86.8	75.96	100	100	100	100	
Eficiencia promedio				Eficiencia promedio				
90.69				100.00				10%

Productividad de mano de obra (% Avance de obra / H-h)								% de incremento de la productividad
Pre test				Post test				
Meses				Meses				
Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	
0.0013	0.0023	0.0017	0.0018	0.0028	0.0014	0.002	0.002	
Eficiencia promedio				Eficiencia promedio				
0.0018				0.0021				15%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CHUCUYA HUALLPACHOQUE ROBERTO CARLOS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "APLICACION DE LEAN CONSTRUCTION PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION DE UN COLEGIO, HUAMBACHO-2021", cuyos autores son GOMEZ FERNANDEZ XIOMERY LINDSAY, BANCES TORRES ADRIAN RENATO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHIMBOTE, 15 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CHUCUYA HUALLPACHOQUE ROBERTO CARLOS DNI: 40149444 ORCID: 0000-0001-9175-5545	Firmado electrónicamente por: RCHUCUYAH el 18- 07-2022 04:01:17

Código documento Trilce: TRI - 0346466