

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Mejora de la productividad en el movimiento de tierras mediante el
análisis del rendimiento de equipos de carga y transporte en proyectos
de construcción civil en el distrito de Yanacancha-Pasco 2024**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero civil

Autor:

Bach. Kevin Kelleher QUISPE PAREDES

Asesor:

Mg. Lucio ROJAS VITOR

Cerro de Pasco – Perú - 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Mejora de la productividad en el movimiento de tierras mediante el
análisis del rendimiento de equipos de carga y transporte en proyectos
de construcción civil en el distrito de Yanacancha-Pasco 2024**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Isaac Neil Ubaldo CORNELIO MUÑOZ
PRESIDENTE

Mg. Dario MARTINEZ MARTINEZ
MIEMBRO

Mg. Fredy Luis PALMA FERNANDEZ
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 033-2026-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Mejora de la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis del rendimiento de equipos de carga y transporte en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha-Pasco 2024

Apellidos y nombres del tesista

Bach. Kevin Kelleher QUISPE PAREDES

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. Lucio ROJAS VITOR

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Civil

Índice de Similitud

17 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 17 de junio del 2026



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 17.06.2026 19:38:48 -05:00

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a Dios por iluminar mi camino y darme la fortaleza y sabiduría necesaria para completar este desafío.

A mi querida madre Irma, por su apoyo y sacrificio en mi viaje educativo. Tus palabras de aliento, tu perseverancia y tu ejemplo constante han sido mi inspiración.

A mi padre Efrain, mi guía y mi inspiración, que con sus sabios consejos me enseñaron a nunca rendirme.

A mis cinco increíbles hermanos: Katterin, Kaleb, Aron, Rodrigo y Dominick. Gracias por enseñarme que la vida es más divertida junto a ustedes.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres, Efrain y Irma por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar. A Katterin, por ser un ejemplo de desarrollo personal a seguir, a Kaleb, Aron, Rodrigo y Dominick, por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

Mi sincero agradecimiento a mi alma mater, la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por brindarme la inestimable oportunidad de llevar a cabo este proceso de titulación. Es un privilegio llevar con honor el nombre de la UNDAC y ser parte de esta prestigiosa institución educativa.

Además, deseo extender mi gratitud a mi asesor, cuya labor ha sido cruciales en la orientación y desarrollo de este proyecto de investigación.

Finalmente, mi gratitud a los distinguidos docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, por todo el apoyo brindado a lo largo de la carrera, por su tiempo, amistad y por los conocimientos que me transmitieron.

RESUMEN

El trabajo de investigación que realice se titula: “MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MOVIMIENTO DE TIERRAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE CARGA Y TRANSPORTE EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CIVIL EN EL DISTRITO DE YANACANCHA - PASCO 2024” como objetivo principal se mejoró la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis del rendimiento de equipos de carga y transporte en proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024. Para el estudio se usó el diseño de investigación el diseño de investigación será no experimental ya que el investigador no manipula deliberadamente las variables independientes para observar su efecto en las variables dependientes. La población de estudio constará de 4 camiones Volvo FM 20 m3 y 01 retroexcavadora CAT 420 F2. La muestra seleccionada para el proyecto de investigación constará de toda la población. Para el cálculo de la productividad teórica, se dispone de la información que proporcionan los fabricantes, de acuerdo a las características particulares de cada máquina; estos valores deben ajustarse de acuerdo con los elementos operativos, las condiciones geológicas, topográficas, climáticas, etc. que prevalecerán en la obra. En la presente tesis se determinaron tiempo de ciclo promedio para cada uno de los equipos asignados para el movimiento de tierras en el minado de empresas mineras la retroexcavadora. se registró un ciclo promedio 30 seg, finalmente el volquete volvo se calculó un tiempo promedio de ciclo 15.80 minutos.

Palabras Clave. Análisis del rendimiento de los equipos de carga y transporte Inteligencia de Negocios, Productividad en el movimiento de tierras.

ABSTRACT

The research work carried out is titled: "IMPROVING EARTHMOVING PRODUCTIVITY THROUGH LOADING AND TRANSPORTATION EQUIPMENT PERFORMANCE ANALYSIS IN CIVIL CONSTRUCTION PROJECTS IN THE YANACANCHA DISTRICT - PASCO 2024" as the main objective, productivity in earth movement was improved through the analysis of the performance of loading and transportation equipment in civil construction projects in the city of Pasco 2024. For the study we used the research design, the research design will not be experimental since the researcher does not deliberately manipulate the independent variables to observe their effect on the dependent variables. The study population will consist of 4 Volvo FM 20 m3 trucks and 01 CAT 420 F2 backhoe loader. The sample selected for the research project will consist of the entire population.

To calculate the theoretical productivity, the information provided by the manufacturers is available, according to the particular characteristics of each machine; These values must be adjusted according to the operational elements, geological, topographical, climatic conditions, etc. that will prevail in the work. In this thesis, the average cycle time for each of the equipment assigned for earth movement in mining companies, the backhoe, was determined. An average cycle time of 30 seconds was recorded, finally the Volvo dump truck had an average cycle time of 15.80 minutes.

Keywords. Analysis of the performance of loading and transportation equipment Business Intelligence, Productivity in earthworks.

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción civil juega un rol crucial en el desarrollo económico y social de cualquier región, y su eficacia depende en gran medida de la optimización de los recursos disponibles. En este contexto, el movimiento de tierras constituye una de las actividades fundamentales en los proyectos de construcción, ya que es el punto de partida para el desarrollo de obras de infraestructura. Sin embargo, esta actividad enfrenta múltiples desafíos relacionados con la eficiencia operativa, los costos y los tiempos de ejecución.

En la ciudad de Pasco, donde las condiciones geográficas y climáticas son particularmente complejas, la gestión eficiente de los equipos de carga y transporte adquiere una relevancia especial. La productividad en esta etapa del proceso constructivo no solo impacta directamente en los plazos de ejecución de los proyectos, sino también en los costos totales y en la sostenibilidad de las obras.

El análisis del rendimiento de los equipos de carga y transporte se presenta como una herramienta clave para identificar áreas de mejora, reducir tiempos muertos y optimizar el uso de recursos. Este estudio se enfoca en evaluar cómo la implementación de estrategias basadas en indicadores de rendimiento puede contribuir a la mejora de la productividad en el movimiento de tierras, aportando beneficios significativos tanto a las empresas constructoras como a la calidad de los proyectos realizados en Pasco.

En este sentido, la presente investigación busca abordar esta problemática desde una perspectiva técnica y práctica, con el objetivo de desarrollar soluciones que sean aplicables y efectivas en el contexto de la construcción civil en la región. A través de este análisis, se espera contribuir a la mejora continua del sector, promoviendo prácticas más eficientes y sostenibles en el manejo de los recursos.

El siguiente capítulo explora los fundamentos científicos y teóricos, conceptualiza conceptos, detecta hipótesis y variables, y finaliza y operacionaliza definiciones

La segunda parte de la sección describe los tipos de investigación, los métodos, los métodos para realizar la investigación, el diseño de muestras, la recopilación de datos, el

procesamiento y análisis de datos, el análisis de datos estadísticos, la selección de instrumentos de investigación, la verificación y las pautas de ética de la investigación

El cuarto capítulo sobre resultados y debate se centra en el trabajo realizado, el análisis e interpretación de los resultados, y la comprobación de hipótesis y el debate en torno a las mismas Finalmente, proporcionamos algunas conclusiones, consejos, citas y anexos.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.5.1. Justificación Teórica	4
1.5.2. Justificación Práctica	5
1.5.3. Justificación Económica.....	5
1.5.4. Justificación Social.....	5
1.5.5. Justificación Ambiental	6
1.5.6. Justificación Científica	6
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	6

1.6.1. Limitación Temáticas	6
1.6.2. Limitación Metodológicas.....	7
1.6.3. Limitación Económica.....	7
1.6.4. Limitación Social y Ambiental	7
1.6.5. Limitación de Datos	7

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO	9
2.1.1. A nivel internacional.....	9
2.1.2. A nivel nacional.....	12
2.1.3. A nivel Local	17
2.2. BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS	19
2.2.1. Productividad.....	19
2.2.2. Tipos de Productividad	19
2.2.3. Factores que afectan la productividad	20
2.2.4. Principios de operación de maquinaria	20
2.2.5. Método de optimización	21
2.2.6. Planificación y control de recursos.....	21
2.2.7. Métodos de evaluación del rendimiento	22
2.2.8. Horómetro.....	26
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	27
2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	28
2.4.1. Hipótesis general	28
2.4.2. Hipótesis específicas	29
2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	29
2.5.1. Variables independientes.....	29
2.5.2. Variables dependientes	29
2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES	30

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	32
3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	32
3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	32
3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	33
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	33
3.5.1. Población.....	33
3.5.2. Muestra.....	33
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	33
3.6.1. Técnicas de recolección de datos.....	33
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.....	34
3.7. SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	34
3.8. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.	34
3.9. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	35
3.10. ORIENTACIÓN ÉTICA FILOSÓFICA Y EPISTÉMICA.....	35

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	36
4.1.1. Equipo para estudiar.....	39
4.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	39
4.1.2. Tiempo de ciclo de la retroexcavadora.....	39
4.1.3. Tiempo de ciclo del Volquete	40
4.1.4. Rendimientos de los equipos en proyectos de construcción civil	42
4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	44
4.1.5. Hipótesis General	44
4.1.6. Hipótesis específica	45
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	49

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Definición Operacional de Variables.....	30
Tabla 2. Maquinarias.....	39
Tabla 3. Tiempo de ciclo de la retroexcavadora	39
Tabla 4. Promedio de tiempo de ciclo	40
Tabla 5. Tiempo de volquete.....	41
Tabla 6. Tiempo promedio de ciclo de acarreo del volquete.....	42
Tabla 7. Capacidades de los cucharones.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Factores que influyen en la productividad de obras civiles.	20
Figura 2. Carguio del material excedente para su eliminación con retroexcavadora 420 F2 Cat	60
Figura 3. Corte del material con retroexcavadora 420 F2 Cat, para su eliminación.	60
Figura 4. Trazo y replanteo del ancho de la calzada.	61
Figura 5. Escarificación de las áreas verdes de manera manual.	61
Figura 6. Eliminación de las áreas verdes de manera manual.	62
Figura 7. Trazo y replanteo topográfico con estación total.	62
Figura 8. Replanteo topográfico con estacion total en la calzada.	63
Figura 9. Trazo del eje de la calzada con estación total.	63
Figura 10. Trazo con yeso del ancho del carril en un sentido de la vía	64
Figura 11. Corte del terreno natural con la retroexcavadora 420 F2 Cat.	64
Figura 12. Transporte del material excedente para su eliminación con el volquete volvo de 20 m3.	65
Figura 13. Nivelación del terreno con la mira topográfica.	65
Figura 14. Nivelación del terreno con el nivel de ingeniero	66
Figura 15. Tendido del material de prestamo para la sub base con la retroexcavadora 420 F2 Cat.	66
Figura 16. Conformación de la capa de sub base con la retroexcavadora 420 F2 Cat.	67
Figura 17. Preparación de la mezcla para el vaciado del buzo de desagüe	67
Figura 18. Eliminación de la grava para el tendido de la cama de apoyo.	68
Figura 19. Trazo y replanteo topográfico con estación total, para la calzada, vereda y cuneta	68

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

El movimiento de tierras es una actividad esencial en los proyectos de construcción civil, y su eficiencia impacta significativamente en los costos y tiempos del proyecto. En la ciudad de Pasco, se ha observado que el rendimiento de los equipos de carga y transporte utilizados para estas tareas no está optimizado, lo que resulta en retrasos y sobre costos. Factores como la elección incorrecta de equipos, el mantenimiento inadecuado y la falta de planificación eficiente son algunos de los aspectos que afectan la productividad. Esto crea la necesidad de analizar detalladamente el rendimiento de los equipos y proponer mejoras que optimicen el proceso.

La ineficiencia en el rendimiento de los equipos de carga y transporte durante el movimiento de tierras en proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco ha generado un aumento en los costos y tiempos de ejecución de los proyectos. Esta situación se debe a varios factores, entre los que se incluyen la selección inapropiada de equipos, la falta de mantenimiento preventivo y correctivo, y una planificación deficiente de las operaciones.

Por lo tanto, es crucial llevar a cabo un análisis exhaustivo del rendimiento de estos equipos para identificar las principales causas de la ineficiencia y desarrollar

estrategias que mejoren la productividad. Este análisis debe considerar aspectos técnicos, operativos y de gestión, con el objetivo de optimizar el uso de los equipos y, en consecuencia, reducir los costos y tiempos asociados al movimiento de tierras en los proyectos de construcción civil en Pasco.

1.2. Delimitación de la investigación

Estas delimitaciones ayudarán a enfocar la investigación y asegurar que se logren resultados específicos y aplicables a los proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco.

a. Temporal

La delimitación temporal de la tesis titulada "MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MOVIMIENTO DE TIERRAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE CARGA Y TRANSPORTE EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CIVIL EN EL DISTRITO DE YANACANCHA - PASCO 2024" se abarcará en el período comprendido entre los meses de agosto y noviembre del año 2024. Durante este tiempo, se realizarán todas las etapas del proyecto desde la recolección de datos, el análisis y por último la presentación de resultados.

b. Espacial

La delimitación espacial de la tesis titulada "MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MOVIMIENTO DE TIERRAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE CARGA Y TRANSPORTE EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CIVIL EN EL DISTRITO DE YANACANCHA - PASCO 2024" es la siguiente:

La investigación se llevará a cabo en el Distrito de Yanacancha de la Provincia de Pasco la cual se enfocará en proyectos de construcción civil ubicados dentro de los límites del Distrito de Yanacancha.

c. Metodológica

La investigación utilizará un enfoque cuantitativo para analizar el rendimiento de los equipos de carga y transporte. Además, las técnicas de recolección de datos serán: observación directa en los sitios de construcción, entrevistas estructuradas con operadores de equipos y gerentes de proyectos y por último el análisis de registros y datos históricos de rendimiento de los equipos. Analizaremos estadísticamente los resultados recolectados, realizaremos la comparación de diferentes equipos e identificaremos los patrones y factores que afectan la productividad.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera el análisis del rendimiento de los equipos de carga y transporte permite identificar factores operacionales asociados a oportunidades de mejora de la productividad en el movimiento de tierras en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo se determinan los ciclos operacionales de los equipos de carga y transporte utilizados en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024?
- b) ¿Cómo se calculan los rendimientos operacionales de los equipos de carga y transporte utilizados en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024?
- c) ¿Qué diferencias existen entre los rendimientos reales obtenidos en campo y los rendimientos establecidos por el fabricante de los equipos de carga y transporte utilizados en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar el rendimiento de los equipos de carga y transporte para identificar factores operacionales asociados a oportunidades de mejora de la productividad en el movimiento de tierras en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Determinar los ciclos operacionales de los equipos de carga y transporte utilizados en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024.
- b) Calcular los rendimientos operacionales de los equipos de carga y transporte utilizados en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024.
- c) Comparar los rendimientos reales obtenidos en campo con los rendimientos establecidos por el fabricante de los equipos de carga y transporte utilizados en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación Teórica

La teoría de la gestión de proyectos de construcción y la ingeniería de operaciones sugieren que la optimización del rendimiento de los equipos es crucial para mejorar la productividad. Según modelos teóricos en gestión de la construcción y estudios de eficiencia operativa, el análisis detallado del rendimiento de los equipos de carga y transporte permite identificar ineficiencias y áreas de mejora. La teoría de la optimización operativa y la gestión de recursos proporciona un marco para evaluar y mejorar el uso de los equipos, lo que contribuye a la reducción de costos y tiempos de proyecto.

1.5.2. Justificación Práctica

En la práctica, el movimiento de tierras representa una parte significativa del presupuesto y del cronograma en proyectos de construcción civil. La identificación y solución de problemas relacionados con el rendimiento de los equipos de carga y transporte puede llevar a mejoras tangibles en la eficiencia operativa. Analizar el rendimiento real frente a las especificaciones teóricas ayuda a ajustar la gestión de equipos, mejorar la planificación y ejecución de proyectos, y optimizar el uso de recursos en campo, facilitando la ejecución de proyectos dentro del presupuesto y en los tiempos previstos.

1.5.3. Justificación Económica

Desde una perspectiva económica, la mejora en la productividad del movimiento de tierras puede reducir costos operativos y aumentar la rentabilidad de los proyectos de construcción civil. Un análisis exhaustivo del rendimiento de los equipos permite identificar oportunidades para reducir tiempos de inactividad y costos asociados con ineficiencias operativas. La optimización de los ciclos de trabajo y rendimientos puede conducir a significativos ahorros en mano de obra, mantenimiento y costos generales del proyecto, beneficiando tanto a las empresas constructoras como a los inversionistas.

1.5.4. Justificación Social

La mejora de la productividad en los proyectos de construcción tiene implicaciones sociales significativas. Proyectos más eficientes pueden concluir más rápidamente, lo que beneficia a la comunidad al proporcionar infraestructura esencial en menos tiempo. Además, una gestión más eficiente y efectiva de los equipos puede mejorar las condiciones laborales al reducir la exposición de los trabajadores a condiciones ineficientes y peligrosas. Mejorar la productividad puede también generar empleos adicionales y fomentar el desarrollo económico local.

1.5.5. Justificación Ambiental

Desde una perspectiva ambiental, la optimización del rendimiento de los equipos de carga y transporte contribuye a una gestión más sostenible de los recursos. La eficiencia operativa reduce el consumo innecesario de recursos naturales y minimiza el impacto ambiental asociado con el movimiento de tierras. Una gestión adecuada puede disminuir las emisiones de gases contaminantes, reducir la generación de residuos y minimizar la alteración del terreno, contribuyendo a un enfoque más ecológico en los proyectos de construcción.

1.5.6. Justificación Científica

El proyecto aporta a la literatura científica y técnica en el campo de la ingeniería de construcción y gestión de proyectos. Proporciona datos empíricos y análisis detallados que pueden servir como referencia para futuros estudios y desarrollos en la optimización de equipos de construcción. La investigación contribuye a una comprensión más profunda de la eficiencia operativa y el rendimiento de los equipos, y puede servir de base para el desarrollo de nuevas metodologías y tecnologías en la gestión del movimiento de tierras.

1.6. Limitaciones de la investigación

1.6.1. Limitación Temáticas

1. **Ámbito del Estudio:** El enfoque principal está en los equipos de carga y transporte en el movimiento de tierras. Otros aspectos de los proyectos de construcción civil, como la planificación del sitio, la gestión de residuos o la calidad de la construcción, no serán el foco del estudio.
2. **Especificidad de los Equipos:** El análisis se centrará en equipos específicos de carga y transporte, lo que puede no abarcar otros tipos de equipos o tecnologías emergentes que podrían tener un impacto en la productividad.

1.6.2. Limitación Metodológicas

1. Técnicas de Recolección de Datos: Dependencia de métodos de recolección de datos como la observación directa y entrevistas, que pueden estar sujetas a sesgos o limitaciones en la precisión de la información.
2. Instrumentos de Medición: El uso de herramientas y software para el análisis de datos puede tener limitaciones en su capacidad para captar todos los aspectos del rendimiento de los equipos.

1.6.3. Limitación Económica

1. Técnicas de Recolección de Datos: Dependencia de métodos de recolección de datos como la observación directa y entrevistas, que pueden estar sujetas a sesgos o limitaciones en la precisión de la información.
2. Instrumentos de Medición: El uso de herramientas y software para el análisis de datos puede tener limitaciones en su capacidad para captar todos los aspectos del rendimiento de los equipos.

1.6.4. Limitación Social y Ambiental

1. Impacto Social y Ambiental: La investigación puede no capturar completamente el impacto social y ambiental de las prácticas actuales o las mejoras propuestas en la productividad del movimiento de tierras.
2. Percepción de los Stakeholders: Las percepciones y opiniones de los trabajadores y otros stakeholders pueden no reflejar todas las realidades operativas o pueden estar influenciadas por factores externos.

1.6.5. Limitación de Datos

1. Calidad de los Datos: La calidad de los datos obtenidos puede verse afectada por la precisión de los registros existentes, la exactitud de las observaciones y la disponibilidad de datos completos.

2. Actualización de Datos: Los datos utilizados en el análisis pueden no estar completamente actualizados, especialmente si se basa en registros históricos o informes que no reflejan cambios recientes en los equipos o prácticas

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. A nivel internacional

En el artículo “Cálculo de Productividad y Optimización del Equipo Pesado utilizado en Movimiento de Tierras” de (Arroyo Orozco et al., 2018), indicaron que para el análisis de costos de la excavación y el transporte de desalojo a 5 km, se utilizó inicialmente una excavadora y cinco volquetas de 14 m³, con un rendimiento teórico de 600 m³ por día. Al analizar los equipos en obra, se observó que una volqueta no estaba produciendo, por lo que se ajustó el grupo a una excavadora y cuatro volquetas, equilibrando la producción a más de 700 m³ por día. Este ajuste resultó en un beneficio económico debido a la diferencia favorable entre el presupuesto inicial y la realidad. En el análisis del equipo utilizado para el relleno de mejoramiento, se usaron inicialmente 1 tractor, 1 motoniveladora, 1 rodillo, 7 volquetas de 14 m³ y 1 camión cisterna, con un rendimiento de 600 m³ por día. Sin embargo, las mediciones en obra mostraron una gran variación en el rendimiento, resultando en la subutilización de equipos. Al balancear los recursos y añadir 1 tractor y 1 volqueta de 14 m³, se obtuvo un grupo de equipos más eficiente compuesto por 2 tractores, 1 motoniveladora, 1 rodillo, 8 volquetas de 14 m³ y 1 camión cisterna, con una

producción de 1,272.89 m³ al día. Esto mejoró el costo presupuestado y generó un mayor beneficio económico para la empresa.

Para el tesista (Cadena Paucar, 2013) en su tesis “Análisis de costos de productividad y su influencia en el movimiento de tierras por métodos mecánicos”, concluye lo siguiente: El rendimiento de una máquina (m³/h) debe evaluarse en términos del costo por unidad de material movido (\$/m³). Esta medida abarca tanto la producción como el costo, ya que impacta directamente en la productividad. Factores como las dimensiones de los accesorios de excavación, la capacidad, el tipo de transmisión, las velocidades y los costos operativos influyen en este rendimiento. También indica que tener operadores eficientes, certificados y con experiencia en trabajos similares, contribuye significativamente a evitar paradas en la excavación, mejorando la producción diaria. Una contabilidad adecuada es esencial para presupuestar de manera inteligente y llevar a cabo operaciones rentables. Esta herramienta es crucial para verificar si las tareas se están realizando correctamente. Aunque la mayoría de los contratistas saben cómo realizar el trabajo, pocos llevan un registro detallado de lo que se está haciendo.

En un estudio realizado por Möller y Müller (2018), en su artículo “Estudio de optimización en proyectos de movimiento de tierras en Alemania” se analizaron los factores que afectan la productividad en proyectos de movimiento de tierras en proyectos de construcción vial en Alemania. Utilizando modelos de simulación, concluyeron que la planificación precisa de rutas y la selección adecuada de equipos redujeron los tiempos de transporte en un 20%. También destacaron la importancia del mantenimiento predictivo para evitar fallos en los equipos.

Según un informe de Tanaka et al. (2019) en su artículo de investigación “Uso de tecnologías avanzadas en Japón”, las empresas constructoras japonesas han implementado maquinaria con sistemas de control automatizado y monitoreo GPS para optimizar el rendimiento en el movimiento de tierras. Esto ha permitido aumentar

la precisión en las excavaciones y reducir los costos operativos en un 15%, además de disminuir el impacto ambiental.

En una investigación llevada a cabo por Howell y Ballard (2020) titulada “Implementación de Lean Construction en Estados Unidos”, se aplicó la metodología Lean Construction en proyectos de construcción de grandes infraestructuras en Estados Unidos. Los resultados mostraron una mejora del 25% en la productividad al reducir desperdicios y mejorar la coordinación entre equipos de carga y transporte. Este enfoque también permitió una mayor sostenibilidad ambiental y ahorro en costos operativos.

En el artículo de investigación de Fidalgo-Blanco, Á., Sánchez-Canales, M., & Séin-Echaluze, M. (2023) titulado “Modelo funcional predictivo de la carga de trabajo entre los miembros de un equipo” Uno de los principales problemas en el trabajo en equipo detectados tanto por el profesorado como por el alumnado es la desigual carga de trabajo de los distintos miembros del equipo. Esta situación afecta tanto al rendimiento del equipo como a la del propio alumnado. Para paliar este problema se ha establecido un modelo funcional que relaciona las evidencias que se pueden obtener durante el desarrollo del trabajo cooperativo con un objetivo final a predecir de tal forma que si se aplica de forma temprana pueden constituir la base de la predicción. En este trabajo se establece un modelo funcional para aplicar modelos predictivos en el trabajo en equipo detección de estudiantes con una carga de trabajo significativamente menor que la del resto de los miembros del equipo.

Según Carrión (2015) en su trabajo de investigación titulado “Análisis de maquinaria óptima para el movimiento de tierras vía chilla guanazan 1 km usando diagrama de masa” El desarrollo del presente trabajo está basado en el análisis de la maquinaria óptima para el movimiento de tierras en la vía Chilla – Guartiguro – Guanazan km 9+000 – 10+000 usando diagrama de masas, estudiando el procedimiento que se debe emplear para efectuar el proceso constructivo de conformación de plataformas y, para optimizar los costos en lo referente a trabajos de

movimientos de tierras presentes en un proyecto vial. La metodología empleada en el presente trabajo para determinar los volúmenes de corte y relleno respectivamente dentro del proyecto vial es el llamado Diagrama de Masas, el cual permite establecer las compensaciones de los materiales a lo largo de la vía en cuestión. Se obtuvo como resultado de este trabajo un diseño de movimientos de tierras con el que se pudo establecer el tipo de maquinaria adecuado que se debe utilizar de acuerdo a la clase de trabajo a realizarse en cualquier tramo del proyecto vial, se analizó además el rendimiento de los equipos que intervienen en el movimiento de tierras y, realizando un análisis de precios unitarios necesarios, se pudo fijar un presupuesto referencial para el rubro de movimiento de tierras que se genera en la vía Chilla – Guartiguro – Guanazan. Se concluye que, antes de realizar el diagrama de masas es determinante establecer el factor de esponjamiento del material, el mismo que permitirá evaluar de forma certera los cálculos de los volúmenes a mover y determinar la maquinaria óptima para ello.

2.1.2. A nivel nacional

En la tesis “Análisis de la eficiencia de la productividad de maquinaria pesada en movimiento de tierras en la construcción de infraestructura vial de la provincia de San Román” de (Quispe Huanca, 2023), concluye que la programación de máquinas y equipos para una tarea específica no siempre se realiza, lo que genera discrepancias entre los cálculos teóricos y los rendimientos reales. El mejor enfoque para calcular el rendimiento debe basarse en la cantidad medible de trabajo producido por hora. Es esencial ajustar las máquinas y equipos a los rendimientos reales, ya que su productividad depende de la producción por hora en condiciones reales. En lugares como la provincia de San Román, a 3825 msnm, la altitud afecta significativamente el rendimiento. Dado que las máquinas no operan a su máxima capacidad en estas condiciones, es importante utilizar datos reales recopilados en el sitio para ajustar los cálculos de rendimiento.

Para el tesista (Muñoz Chavez, 2022), en su tesis “Incremento de la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis de rendimientos en equipos de carguío y acarreo en Minería a Tajo Abierto Cajamarca 2022”, determino que los ciclos de la maquinaria pesada, concluyéndose que la excavadora Cat 320C tuvo un ciclo promedio de 33.10 segundos, y el volquete Volvo registró un tiempo promedio de ciclo de 15.83 minutos. Asimismo, se calcularon los rendimientos de los equipos, siendo de 129.48 m³/h para la excavadora Cat 320C y de 47.18 m³/h para el volquete Volvo. Finalmente, se concluye que los rendimientos alcanzados por los equipos en campo son menores a los especificados por el fabricante.

Según la tesis “Diseño y desarrollo de una herramienta para el dimensionamiento óptimo de flotas de movimiento de tierras en obras civiles” de los tesisistas (Torres Gavidia & Villanueva Valdiviezo, 2014) demostró que un análisis adecuado de las condiciones reales en las que se desarrollan las actividades constructivas, junto con un correcto muestreo, permite la optimización y ofrece ventajas de mejora continua. Factores como la calidad de la vía, la velocidad de operación y la cantidad de equipos en tránsito influyen directamente en la eficiencia y el grado de sincronización del proceso, por lo que su inclusión en los procesos de optimización es crucial para obtener buenos resultados. Incluir la densidad de equipos en campo en el cálculo del Factor de acoplamiento permitió reflejar mejor la necesidad de equipos de acarreo en los frentes de trabajo en ambos proyectos analizados, evitando el sub o sobredimensionamiento de las flotas. La elección de la flota óptima para las actividades de excavación, carguío y acarreo en un proyecto de MT varía según las condiciones del proyecto, por lo que se realizó un análisis diferente para cada uno de los dos proyectos. Se determinó que el potencial de beneficio económico está asociado tanto a la reducción de costos del proceso como al incremento del rendimiento. En ambos proyectos se demostró que una correcta aplicación de la herramienta de dimensionamiento de flotas habría mejorado la eficiencia y aumentado las ganancias.

En un estudio realizado por Quispe y Mamani (2020) titulado “Optimización de equipos en proyectos viales en Cusc”, se analizó el rendimiento de los equipos de carga y transporte en un proyecto vial en la región Cusco. La investigación destacó que una adecuada planificación y selección de equipos permitió reducir los tiempos de operación en un 15%. Además, se implementó un sistema de mantenimiento preventivo que disminuyó significativamente los tiempos de inactividad.

Paredes y Salazar (2019) titulado “Análisis de productividad en obras de construcción en Arequipa” estudiaron la relación entre la productividad y el uso de maquinaria pesada en proyectos de movimiento de tierras en Arequipa. Concluyeron que factores como la capacitación del personal y la mejora de las rutas de transporte contribuyeron a aumentar la eficiencia en un 20%. También enfatizaron la importancia de considerar las condiciones climáticas locales en la planificación.

Según Fernández y Chávez (2021) trabajo titulado “Uso de tecnología para la gestión de equipos en Lima”, la incorporación de software de gestión de maquinaria en proyectos de excavación y transporte de material en Lima mejoró el control de los equipos y permitió optimizar el uso de recursos. Este estudio mostró que el análisis de datos en tiempo real ayudó a identificar cuellos de botella en el proceso, reduciendo los costos operativos en un 12%.

En una investigación realizada por González y Huamán (2022) titulada “Impacto de la altitud en proyectos de movimiento de tierras en Pasco”, se analizó cómo las condiciones de alta altitud en Pasco afectaron el desempeño de los equipos de movimiento de tierras. Los resultados evidenciaron una disminución en el rendimiento de los equipos debido a la menor potencia de los motores, recomendando estrategias como el uso de maquinaria adaptada y ajustes en los cronogramas para mitigar estos efectos.

Torres y Ruiz (2020) en su trabajo titulado “Estudio en proyectos mineros de Cajamarca” investigaron el uso de equipos de transporte en proyectos de movimiento de tierras en la industria minera de Cajamarca. La investigación concluyó que la

implementación de mantenimientos predictivos y el análisis de rendimiento por turnos mejoraron la productividad en un 25%. Este estudio también resaltó la importancia de adaptar los equipos a las características específicas del terreno.

Vilchez y Ramos (2018) en su trabajo de investigación titulado “Eficiencia operativa en proyectos hidroeléctricos en Junín” analizaron el desempeño de los equipos de carga y transporte en proyectos hidroeléctricos en Junín. Identificaron que la combinación de un correcto diseño de rutas y la reducción de tiempos muertos mediante cronogramas ajustados incrementó la eficiencia operativa en un 18%. También recomendaron priorizar la capacitación continua del personal técnico.

En la tesis de Guevara (2015) titulado “Análisis y ejecución de movimiento de tierras en una obra empleando el diagrama de curva masa” En un proyecto de vía terrestre de comunicación, sea ésta un acceso minero, se establece un diseño que se adecúe a las necesidades de la Compañía Minera, en base a una serie de datos recopilados en campo. Una vez definido el proyecto bajo todos los parámetros necesarios y previos a la construcción, se procede a la determinación de volúmenes de material que serán removidos o reubicados con el fin de ajustar el nivel de sub rasante del terreno al diseño establecido. Este paso se conoce como “Movimiento de Tierras”, y es de vital importancia, pues de su correcta planificación depende la pérdida o ganancia de tiempo y dinero. El movimiento de tierras comprende el grupo de actividades que producen las modificaciones necesarias para llegar al nivel de diseño de la sub rasante, mediante el empleo de maquinaria pesada tal como: excavadoras, cargadores frontales, tractores, volquetes, rodillos, motoniveladoras, etc, cuyas funciones y rendimientos serán analizados en la presente tesis. Previo al movimiento de tierras, es necesario ejecutar una serie de trabajos en campo para poder indicar claramente a los Ingenieros de Producción y a los operadores de maquinarias los sitios por donde atraviesa la vía y los niveles a los cuales deben regirse para construir los rellenos o corte.

Según Salgado (2020) en su tesis titulado “Mejora de la productividad en equipos de acarreo y transporte de mineral y desmonte en la veta Gavia – Nivel 100, Unidad Minera Huarón” La presente tesis tiene por objetivo el análisis de los indicadores operacionales de utilización y disponibilidad para optimizar los costos de transporte de mineral y desmonte en la veta Gavia de la unidad minera Huarón perteneciente a Pan American Silver Perú SAC. La realización de la presente tesis empleó la lógica rectalítica, el estudio es de carácter descriptivo – explicativo y preexperimental, de tal forma que se observaron los resultados del análisis de los indicadores operacionales como la utilización y disponibilidad de los equipos de transporte de mineral y desmonte durante el periodo enero a junio del 2019. La forma para la recolección de datos fue la revisión documentaria y el acopio de datos correspondientes a la unidad minera Huarón. Al final, se concluye con el análisis técnico y económico del sistema de transporte de mineral y desmonte desde las cámaras de carguío del nivel 100 de la veta Gavia ubicada en la zona sur del yacimiento hacia los puntos de descarga (planta y desmontera), así mismo se realiza el análisis de las causas que afectan el rendimiento de los equipos de transporte mediante Pareto, asociado al plan de producción y su costo unitario de transporte. El perfil de acarreo define distancias de los puntos de carguío en la veta Gavia hacia bocamina de 4.65 kilómetros y de bocamina a planta en 0.89 kilómetros. El total de tonelaje transportado durante el periodo de estudio fue de 437,212.72 toneladas de material, con un total de 21,754 viajes y con un costo total de transporte de US \$ 870,138.77. El costo unitario programado fue de 2.2 US \$/t y el costo real de 1.99 US \$ /t, con un ahorro de 0.21 US \$/t de material transportado. El uso de la herramienta de gestión Pareto, permitió identificar las causas que afectan el rendimiento del sistema de gestión de transporte de mineral y xi desmonte los que tienen mayor incidencia como: transporte de mineral y desmonte con carga y sin carga con incidencia del 49.15%, luego la etapa de carguío con incidencia del 12.59%, espera del equipo con incidencia del 8.61% y el reparto de guardia con incidencia del 4.36%.

El mayor tonelaje producido durante el periodo 2019 en 22,140 toneladas y un valor de mineral en 140.13 US \$/t, permite generar mayores ingresos en US \$ 3'102,478.2 y mejorar el rendimiento de los equipos de carguío, acarreo y transporte de mineral, incrementando la incidencia en la utilización de los equipos. El total de mineral transportado fue de 317,656.48 toneladas, con un total de 13,814 viajes, con un costo total de transporte de US \$ 634,321.32 y un costo unitario de 2.00 US \$/t. El total de desmonte transportado fue de 119,556.24 toneladas, con un total de 7,940 viajes, con un costo total de transporte de US \$ 235,817.45 y un costo unitario de 1.97 US \$/t.

2.1.3. A nivel Local

La tesista (Morales Arias, 2018) en su tesis “Optimización de la eficiencia en el uso de vibro compactadoras para mejorar el nivel de compactación en la ejecución de pavimentos en la provincia de Pasco 2017 – 2018”, concluye lo siguiente: En el proceso de compactación de suelos, el agua es crucial, ya que cada tipo de suelo reacciona de manera diferente a la humedad. Cada material tiene un contenido de humedad óptimo que maximiza sus propiedades para una compactación específica. En general, las partículas más pequeñas son más afectadas por el agua en la compactación. En nuestro contexto, utilizamos las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), que recomiendan un nivel de compactación mínimo del 95%. Optimizando el uso de vibro compactadoras, se ha determinado el número mínimo de recorridos necesario, mejorando la densidad seca máxima del suelo en la ejecución de pavimentos en la provincia de Pasco durante 2017- 2018.

Huamán y Ramos (2021) trabajo titulado “Eficiencia de maquinaria en proyectos mineros de Pasco” realizaron un estudio en los proyectos mineros de la región Pasco, donde evaluaron el rendimiento de equipos de carga y transporte en condiciones de alta altitud. La investigación concluyó que la disminución de oxígeno a mayores altitudes afectaba el desempeño de los motores, reduciendo la productividad en un 10%. Se recomendó el uso de maquinaria especializada para operar en estas condiciones.

González y Quispe (2020) trabajo titulado “Optimización de rutas en movimiento de tierras en Cerro de Pasco” analizaron la productividad en proyectos de construcción civil en Cerro de Pasco, centrándose en la optimización de rutas para el transporte de material excavado. Su estudio demostró que una adecuada planificación de rutas y turnos redujo los tiempos de transporte en un 15%, mejorando la utilización de los equipos.

Chávez y Paredes (2019) trabajo titulado “Impacto del clima en la productividad de equipos en Pasco” investigaron el impacto de las condiciones climáticas extremas de Pasco, como bajas temperaturas y lluvias frecuentes, en el rendimiento de equipos de movimiento de tierras. Los hallazgos mostraron que estas condiciones generaban un incremento del 20% en los tiempos de operación, afectando significativamente la productividad. Se sugirió implementar sistemas de monitoreo climático para ajustar los cronogramas de trabajo.

En un estudio realizado por Torres y Huayta (2022) titulado “Evaluación del rendimiento de equipos en proyectos de infraestructura rural en Pasco”, se evaluó el rendimiento de excavadoras y volquetes en proyectos de infraestructura rural en Pasco. Los resultados indicaron que el rendimiento promedio de los equipos era inferior al estándar nacional debido a la falta de mantenimiento preventivo. La implementación de un programa de mantenimiento mejoró la eficiencia operativa en un 18%.

Velásquez y Silva (2020) trabajo titulado “Análisis de costos operativos en movimiento de tierras en Yanacancha” analizaron los costos operativos asociados al uso de maquinaria pesada en proyectos de movimiento de tierras en el distrito de Yanacancha. Su estudio reveló que los costos se reducían significativamente cuando se utilizaban equipos modernos con mayor capacidad de carga, además de mejorar los tiempos de ejecución en un 25%.

Rojas y Castillo (2021) en su trabajo titulado “Capacitación técnica en proyectos de construcción en Pasco” llevaron a cabo un análisis sobre el impacto de

la capacitación técnica del personal operativo en el rendimiento de maquinaria pesada en proyectos de construcción en la ciudad de Pasco. Su investigación concluyó que la capacitación aumentó la productividad en un 12% y redujo los errores operativos en un 15%.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Productividad.

Según el artículo “Análisis de los factores que afectan la productividad de obras civiles” de (Alejandro et al., 2018), la productividad se define como la relación entre lo que se produce y los recursos empleados en el proceso. Además, refleja cómo se gestionan eficientemente los recursos para lograr un producto determinado. En la construcción, son numerosos los factores que influyen en la productividad, pero lo crucial es identificar aquellos que tienen el mayor impacto negativo para poder abordarlos y reducir sus efectos. Se emplean diversas herramientas y métodos para identificar estos problemas, y al minimizarlos o eliminarlos, se pueden reducir los costos relacionados con la mano de obra y los equipos.

Para (Del Sabio, 2022) en su blog nos dice que la productividad se define como la relación entre la actividad productiva y los recursos necesarios para lograrla. De manera más detallada, es un indicador de eficiencia que se calcula a partir del valor agregado por hora trabajada. Es importante destacar que una alta o baja productividad no necesariamente refleja un mayor o menor esfuerzo, sino que indica si la cantidad de valor añadido a un producto o servicio en un determinado tiempo es alta o baja en comparación con una expectativa. Esta expectativa puede derivar de un plan de trabajo o de comparaciones con trabajos similares realizados previamente.

2.2.2. Tipos de Productividad

Existen diferentes formas de medir y analizar la productividad, especialmente en proyectos de construcción, como los siguientes:

Productividad del trabajo: Se refiere al rendimiento de los trabajadores en términos de producción por hora o jornada laboral.

Productividad del capital: Mide la relación entre los recursos invertidos en maquinaria y equipos con la cantidad de material movido o trabajo realizado.

Productividad total de los factores (PTF): Mide la eficiencia combinada de todos los insumos utilizados (trabajo, capital, materiales) en el proceso de producción.

En el contexto de movimiento de tierras, es fundamental evaluar tanto la productividad de los equipos como la de la mano de obra involucrada, ya que ambos factores influyen directamente en la eficiencia del proyecto.

2.2.3. Factores que afectan la productividad

En las obras de construcción, numerosos factores contribuyen a tiempos improductivos (ver Figura 1), lo que a su vez genera ineficiencias en la gestión de los recursos y en la dirección general del proyecto. Entre estos factores se encuentran problemas de diseño y planificación, deficiencias en la administración, métodos de trabajo inadecuados, apoyo y grupos deficientes, problemas con el personal, cuestiones de seguridad y fallos en los sistemas de control formales. Identificar estas múltiples variables permite implementar medidas correctivas para mejorar la productividad. (Serpell B., 2002)

Figura 1. Factores que influyen en la productividad de obras civiles.



2.2.4. Principios de operación de maquinaria

Según (Smith, R, 2018), los principios de operación de maquinaria se refieren a las normas fundamentales y prácticas esenciales que guían el funcionamiento eficiente y seguro de equipos y maquinaria en distintos contextos, como la

construcción, la manufactura o la agricultura. Estos principios abarcan aspectos como el diseño y la estructura de la maquinaria, su funcionamiento mecánico y eléctrico, y las prácticas de mantenimiento y operación recomendadas para garantizar un rendimiento óptimo y una larga vida útil.

2.2.5. Método de optimización

Un método de optimización es un enfoque sistemático para encontrar la mejor solución posible a un problema dentro de un conjunto definido de restricciones. Estos métodos buscan maximizar o minimizar una función objetivo mediante la aplicación de diversas técnicas matemáticas y computacionales. (Winston, 2004).

Existen varios modelos y metodologías que buscan mejorar la productividad en la construcción. Algunos de los más aplicados son:

Lean Construction (Construcción Ágil): Esta metodología se basa en la eliminación de desperdicios y en la mejora continua de los procesos, adaptando principios de la manufactura ágil al sector de la construcción. Busca optimizar el uso de los recursos, reducir tiempos de espera y mejorar la eficiencia en la coordinación de equipos.

Teoría de la Restricción: Según Goldratt (1984), este enfoque se centra en identificar y abordar los cuellos de botella o restricciones que limitan la productividad en un proceso. Aplicado al movimiento de tierras, implica identificar las etapas del proceso que generan demoras y optimizar las operaciones en torno a ellas.

Teoría de la Productividad Total de los Factores (PTF): Este enfoque evalúa la eficiencia general de los recursos utilizados en un proyecto, considerando no solo los insumos, sino también la calidad y el uso eficiente de los mismos.

2.2.6. Planificación y control de recursos

La planificación y control de recursos se refiere al proceso de asignar y gestionar eficientemente los recursos disponibles (como mano de obra, materiales, maquinaria y capital) para alcanzar los objetivos de un proyecto o una organización. Implica la creación de un plan detallado que defina cómo se utilizarán los recursos y

la supervisión continua para asegurarse de que se mantenga el control sobre el uso y la eficiencia de estos recursos. (Kerzner, H, 2017)

2.2.7. Métodos de evaluación del rendimiento

Los métodos de evaluación del rendimiento son técnicas y enfoques utilizados para medir y analizar el desempeño de individuos, equipos o sistemas. Estas evaluaciones pueden enfocarse en aspectos como la eficiencia, la efectividad, la calidad y la productividad. Los métodos comunes incluyen evaluaciones de desempeño basadas en objetivos, revisiones de pares, autoevaluaciones y análisis de métricas clave. (Armstrong, M & Taylor, S, 2020)

La medición precisa de la productividad en el movimiento de tierras es crucial para la toma de decisiones. Algunas de las métricas comúnmente utilizadas incluyen:

Productividad por equipo: Mide la cantidad de material movido por unidad de tiempo (por ejemplo, metros cúbicos por hora).

Índice de utilización del equipo: Se refiere al tiempo en que el equipo está en uso activo en comparación con el tiempo total disponible.

Rendimiento de transporte: Especifica cuántos viajes realiza un camión o equipo de transporte en un período determinado.

1. Movimientos de Tierra en la Construcción Civil

El movimiento de tierras es uno de los procesos más importantes en los proyectos de construcción civil, que implica el traslado y modificación de grandes volúmenes de suelo para preparar el terreno en obras como carreteras, edificios, presas y otras infraestructuras. Las actividades de movimiento de tierras incluyen:

Excavación: Remoción de tierra para realizar cimientos o excavaciones de estructuras subterráneas.

Relleno: Colocación de material en áreas bajas para nivelar el terreno.

Transporte: Desplazamiento del material excavado a otro lugar o a un área de almacenamiento.

2. Productividad en la Construcción

La productividad en la construcción se refiere a la cantidad de trabajo realizado en relación con los recursos utilizados. En proyectos de movimiento de tierras, la productividad de los equipos y trabajadores es crucial para la eficiencia global del proyecto. Se pueden abordar los siguientes aspectos en el marco teórico:

Definición de productividad: El concepto de productividad se puede medir en términos de volumen de tierra movida por unidad de tiempo o por hora máquina.

Factores que afectan la productividad:

Equipos: El tipo de maquinaria, su rendimiento y mantenimiento influyen directamente la productividad.

Personal: La capacitación y la organización del trabajo son factores determinantes.

Condiciones del terreno: La topografía, la humedad, la densidad del material y otras características geológicas pueden afectar el rendimiento de los equipos.

Logística: La eficiencia en la organización de las rutas de transporte y la coordinación entre equipos de carga y transporte también tiene un impacto directo en la productividad.

3. Rendimiento de Equipos de Carga y Transporte

Los equipos de carga (como excavadoras, cargadores frontales) y transporte (como volquetes, camiones) son esenciales en el movimiento de tierras. El rendimiento de los equipos se refiere a la cantidad de trabajo que estos equipos pueden realizar en un periodo determinado.

Factores que afectan el rendimiento de los equipos:

Características de los equipos: El tamaño, la capacidad de carga, la potencia y el tipo de maquinaria influyen en el rendimiento.

Condiciones operativas: El tiempo de operación, las condiciones de trabajo (terreno accidentado, clima) y las interrupciones en el proceso pueden reducir el rendimiento.

Mantenimiento: La frecuencia y calidad del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos pueden alargar su vida útil y mejorar el rendimiento.

4. Análisis y Optimización del Rendimiento de Equipos

Existen diferentes metodologías y herramientas utilizadas para analizar y optimizar el rendimiento de los equipos, tales como:

Monitoreo de la flota de equipos: El uso de tecnologías como GPS, sensores de telemetría y sistemas de monitoreo en tiempo real permite recopilar datos precisos sobre el uso de los equipos, lo que facilita la identificación de ineficiencias y permite una gestión más efectiva.

Modelos matemáticos de optimización: Se utilizan modelos como la programación lineal o técnicas de simulación para determinar las mejores combinaciones de equipos y métodos de operación que minimicen los costos y maximicen la productividad.

Técnicas de gestión de flotas: La gestión de flotas se enfoca en asignar los equipos correctos a las tareas adecuadas, optimizando los tiempos de transporte y reduciendo el tiempo de inactividad.

5. Tecnologías en el Análisis de Productividad

El uso de tecnologías emergentes es fundamental para mejorar la productividad en los proyectos de construcción. Algunas tecnologías relevantes son:

Sistemas de Información Geográfica (SIG): Permiten analizar y gestionar el terreno de forma más precisa, facilitando la planificación de rutas de transporte y la distribución de recursos.

Sistemas de posicionamiento global (GPS): Ayudan a rastrear y monitorear los equipos, optimizando sus trayectorias y tiempos de carga y descarga.

Software de gestión de proyectos de construcción: Estas plataformas permiten realizar un seguimiento de los avances del proyecto, gestionar las flotas de maquinaria y recursos humanos, y realizar análisis en tiempo real.

6. Gestión Logística en Proyectos de Construcción

La gestión logística en la construcción se refiere a la planificación, ejecución y control de todos los procesos relacionados con el transporte de materiales, la asignación de equipos y la coordinación de las actividades en el terreno. El análisis de la logística aplicada a la maquinaria y la carga puede mejorar considerablemente la eficiencia y reducir los tiempos muertos.

Optimización de rutas: Planificación de las rutas de transporte más rápidas y eficientes, considerando las condiciones del terreno, la capacidad de carga de los camiones y las distancias a recorrer.

Gestión de tiempos: Controlar los tiempos de espera de los equipos y las operaciones para evitar demoras innecesarias.

7. Contexto Local: Ciudad de Pasco

En tu caso, un aspecto importante del marco teórico es entender las condiciones particulares de la ciudad de Pasco. La geografía, el clima y las infraestructuras locales influyen en la eficiencia de los equipos y en la productividad del movimiento de tierras. Puedes explorar los siguientes aspectos:

Condiciones del terreno: Pasco tiene una topografía variada, con áreas montañosas y de difícil acceso que pueden complicar las operaciones de movimiento de tierras.

Clima: Las lluvias intensas y los cambios de temperatura pueden afectar el rendimiento de los equipos y las condiciones de trabajo.

Infraestructura: La calidad de las carreteras y caminos en Pasco influye en la eficiencia del transporte de material.

2.2.8. Horómetro

1. Definición de Horómetro

El horómetro es un dispositivo utilizado para medir el tiempo de operación de una máquina o equipo en función de las horas de trabajo. Se usa comúnmente en la industria de la construcción, minería, transporte y manufactura para llevar un registro preciso del uso de los equipos y programar el mantenimiento preventivo.

2. Importancia del Horómetro en la Gestión de Equipos

Control de uso: Permite conocer el tiempo exacto que un equipo ha estado en funcionamiento.

Mantenimiento preventivo: Facilita la planificación del mantenimiento en base a horas de operación, reduciendo fallas inesperadas.

Optimización de rendimiento: Ayuda a evaluar la eficiencia de los equipos y a identificar patrones de uso que pueden afectar la productividad.

Registro y auditoría: Proporciona datos históricos que pueden ser analizados para mejorar la gestión operativa.

3. Tipos de Horómetros

Mecánicos: Funcionan con engranajes y se activan cuando el equipo está en operación.

Electromecánicos: Usan impulsos eléctricos para contar las horas de funcionamiento.

Digitales: Utilizan sensores electrónicos y pueden integrarse con sistemas de monitoreo en tiempo real.

Basados en software: Registran el tiempo de operación a través de un sistema conectado a los sensores del equipo.

4. Aplicación del Horómetro en Proyectos de Construcción Civil

En el movimiento de tierras y en la gestión de equipos de carga y transporte, el horómetro es fundamental para:

Medir el tiempo efectivo de operación de excavadoras, cargadores frontales y volquetes.

Analizar el rendimiento de los equipos en comparación con las especificaciones del fabricante.

Reducir costos operativos mediante la programación eficiente del mantenimiento y la identificación de equipos con bajo rendimiento.

2.3. Definición de términos básicos

Adaptar las estrategias a las condiciones locales: Dado que las características geográficas y climáticas de Pasco pueden ser desafiantes, es esencial desarrollar soluciones personalizadas que se ajusten a estas particularidades, garantizando un desempeño óptimo de los equipos.

Adoptar un enfoque de planificación estratégica: Antes de iniciar cualquier proyecto de movimiento de tierras, se debe realizar un estudio detallado del terreno, las condiciones climáticas y las características del proyecto para seleccionar los equipos más adecuados y optimizar los recursos disponibles.

Equipos de carga y transporte: Máquinas y vehículos utilizados para cargar, trasladar y descargar materiales en el sitio de construcción. Esto incluye excavadoras, cargadoras, camiones volquete y otros equipos similares.

Establecer un programa de mantenimiento preventivo: La implementación de un programa de mantenimiento periódico y predictivo para los equipos de carga y transporte ayudará a minimizar tiempos muertos y prolongar la vida útil de la maquinaria.

Movimiento de tierras: Conjunto de actividades y procesos relacionados con la excavación, transporte y nivelación de suelo o material en un sitio de construcción.

Este proceso es crucial en la preparación del terreno para las etapas posteriores de un proyecto de construcción.

Optimizar la logística en obra: Se recomienda diseñar rutas de transporte eficientes y minimizar los tiempos de espera en las zonas de carga y descarga para maximizar la utilización de los equipos y reducir costos operativos

Productividad: Se refiere a la medida de la eficiencia con la que se utilizan los recursos (como mano de obra, maquinaria y materiales) para lograr un objetivo específico. En el contexto de esta tesis, se enfoca en la eficiencia en el movimiento de tierras durante los proyectos de construcción.

Proyectos de construcción civil: Obras y desarrollos relacionados con la infraestructura y edificación, que pueden incluir la construcción de carreteras, puentes, edificios y otras estructuras civiles

Promover la sostenibilidad ambiental: Incorporar prácticas que reduzcan el impacto ambiental, como el uso de combustibles alternativos o la reutilización de materiales excavados, alineándose con estándares modernos de construcción sostenible

Rendimiento de equipos: Es la evaluación de la eficacia y eficiencia de los equipos de carga y transporte utilizados en el movimiento de tierras. El rendimiento puede medirse en términos de capacidad de carga, velocidad de operación, tiempo de inactividad y otros factores que afectan la productividad.

Realizar evaluaciones periódicas de rendimiento: Es importante establecer métricas claras de productividad y realizar evaluaciones periódicas que permitan medir el progreso y realizar ajustes en las estrategias operativas.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El análisis del rendimiento de los equipos de carga y transporte permite identificar factores operacionales que influyen significativamente en la productividad

del movimiento de tierras en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Los tiempos de ciclo de los equipos de carga y transporte influyen significativamente en la eficiencia operativa del movimiento de tierras en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024.
- b) El rendimiento operativo de los equipos de carga y transporte presenta variaciones significativas que afectan la productividad del movimiento de tierras en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024.
- c) Existen diferencias significativas entre los rendimientos reales obtenidos en campo y los rendimientos establecidos por el fabricante de los equipos de carga y transporte utilizados en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variables independientes

Análisis del rendimiento de los equipos de carga y transporte.

2.5.2. Variables dependientes

Productividad en el movimiento de tierras.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Definición Operacional de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento	Escala
Variable independiente: Análisis del rendimiento de equipos de carga y transporte	El análisis del rendimiento de equipos de carga y transporte constituye el proceso técnico de evaluación de la capacidad operativa y eficiencia funcional de la maquinaria utilizada en actividades de movimiento de tierras, mediante la medición de parámetros operacionales como tiempos de ciclo, capacidad de carga, producción horaria, eficiencia operativa y disponibilidad mecánica, con la finalidad de determinar el desempeño real de los equipos en condiciones de trabajo de campo.	La variable será evaluada mediante la medición y análisis de los parámetros operacionales de los equipos de carga y transporte, considerando tiempos de ciclo, rendimiento efectivo, capacidad de carga, eficiencia operativa, disponibilidad mecánica y tiempos improductivos registrados durante las actividades de excavación, carguío y acarreo en operaciones de movimiento de tierras.	Rendimiento operativo	Tiempo de ciclo	Segundos (s)	Ficha de observación y cronómetro	Razón
				Rendimiento horario	m³/h	Registro de producción	Razon
				Tiempo de carguío	minutos (min)	Ficha de campo	Razon
				Tiempo de acarreo	minutos (min)	Ficha de campo	Razon
				Tiempo de descarga	minutos (min)	Ficha de campo	Razon
			Capacidad operativa	Capacidad efectiva del cucharón	m³	Ficha técnica del equipo	Razón
				Capacidad volumétrica del volquete	m³		
			Eficiencia operacional	Eficiencia operativa	%	Registro operacional	Razón
				Factor de utilización	%		
			Disponibilidad mecánica	Horas operativas	Horas (h)	Reporte de operación	Razón
				Tiempo improductivo	Horas (h)		

Variable dependiente: Productividad en el movimiento de tierras	La productividad en el movimiento de tierras es el indicador técnico que expresa la relación entre el volumen de material excavado, cargado y transportado y los recursos empleados durante la operación, evaluándose mediante el rendimiento efectivo de los equipos, el tiempo de ejecución y la eficiencia operativa en las actividades de excavación, carguío y acarreo.	La productividad en el movimiento de tierras será determinada mediante la cuantificación del volumen de material movilizado por unidad de tiempo, utilizando indicadores operacionales de los equipos de carga y transporte, tales como rendimiento horario, tiempo de ciclo, eficiencia operativa, número de viajes y disponibilidad mecánica durante las operaciones de excavación, carguío y acarreo.	Productividad operativa	Producción horaria Producción diaria	m³/h m³/día	Registro de producción	Razón
			Eficiencia productiva	Número de viajes Cumplimiento de producción programada	viajes/día %	Control de viajes	Razón
			Rendimiento productivo	Volumen transportado Tiempo efectivo de operación	m³ h	Registro operacional	Razón

Nota. La operacionalización de variables permitió establecer los indicadores técnicos necesarios para la recolección y análisis de datos relacionados con el rendimiento operativo de los equipos y su influencia en la productividad del movimiento de tierras. Elaboración propia.

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada. Según (Llerena, 2019), la investigación aplicada implica utilizar conocimientos y llevarlos a la práctica, además de realizar estudios científicos con el propósito de encontrar soluciones a posibles mejoras en situaciones cotidianas. En este tipo de investigación, el investigador se enfoca en resolver un problema específico y encontrar respuestas a preguntas concretas.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación será descriptivo longitudinal, ya que no se modificarán las variables, sino que se medirá el rendimiento de los equipos de acarreo y el incremento de la productividad en el movimiento de tierras. Se considera longitudinal porque se utilizarán los reportes de productividad y rendimiento de los equipos de carga y acarreo del año en curso.

3.3. Métodos de investigación

Este trabajo de investigación tendrá un método científico, la cual adquiere conocimientos de carácter científico, incluyendo así la observación, medición, verificación, construcción, análisis y calibración sistemática de las hipótesis cambiantes.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación será no experimental ya que el investigador no manipula deliberadamente las variables independientes para observar su efecto en las variables dependientes. En lugar de eso, se observan y analizan las variables tal como ocurren en su entorno natural, sin intervención directa. Este tipo de diseño es común en estudios descriptivos y correlacionales.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población de estudio estuvo conformada por los equipos de carga y transporte utilizados en las actividades de movimiento de tierras en proyectos de construcción civil del distrito de Yanacancha – Pasco, considerando específicamente 04 camiones volquete Volvo FM de 20 m³ y 01 retroexcavadora CAT 420 F2.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por el total de la población de estudio; por ello, se trabajó con una muestra censal, considerando 04 camiones volquete Volvo FM de 20 m³ y 01 retroexcavadora CAT 420 F2, debido a que todos los equipos participaron directamente en las operaciones evaluadas durante la investigación.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

En el trabajo de investigación se utilizaron diversas técnicas: observación en campo, recopilación de información, análisis de datos y procesamiento de información. Durante la observación en campo, se detectó que los camiones realizaban paradas no programadas que interrumpían el ciclo de carga y transporte, provocando incluso la formación de colas. Estas demoras, en su mayoría, se debían a la necesidad de realizar mantenimiento correctivo por fallas mecánicas, lo que indica deficiencias en el mantenimiento preventivo. Estos datos fueron registrados en el sistema de despacho, afectando negativamente tanto la productividad del tonelaje de material transportado como la disponibilidad de los camiones.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Para aplicar la técnica de recolección de información, se utilizó el Excel como instrumento, del cual se extrajo la base de datos de producción y los tiempos de ciclo de los camiones. Además, se empleó el reporte de trabajos de mantenimiento como instrumento para identificar el tipo de falla mecánica y la duración de las reparaciones.

Fórmula para calcular el rendimiento de retroexcavadora.

$$R = \frac{3600 * Q * E * K}{T * FV} ; \frac{m^3}{Hr}$$

Fórmula para calcular el rendimiento de volquete.

$$R = \frac{Q * 60 * E}{T} ; \frac{m^3}{h}$$

Se analizaron los datos de las etapas 1 y 2 y se realizó un análisis comparativo de las especificaciones técnicas y desempeño en campo de los equipos de carga y acarreo para movimiento de tierras. Se utilizó el uso de tablas y gráficos para mejorar la sincronización de los datos de las excursiones, incluido el número de resultados obtenidos, la interpretación de los resultados y el análisis comparativo antes del informe final.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Se realizará la toma de datos de campo como como son los tiempos de ciclo para los equipos de carguío y acarreo y así determinar el rendimiento en campo de los equipos para luego ser comparado con las especificaciones técnicas del fabricante haciendo uso de las siguientes fórmulas que nos ayudaron a determinar los rendimientos.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

En esta etapa se realizó una búsqueda exhaustiva y amplia de información relacionada con el tema en diversas bases de datos como Scielo, Google Académico, Dialnet y Redalyc. Se incluyó la realidad problemática, los antecedentes a nivel internacional, nacional y local para resaltar la importancia de mejorar la productividad

en el movimiento de tierras. Se definieron las variables, se buscaron las principales bases teóricas y se plantearon la pregunta de investigación y los objetivos, tanto general como específicos. Se llevó a cabo la recolección de datos de campo, como los tiempos de ciclo de los equipos de carga y acarreo, para determinar su rendimiento en el campo y compararlo con las especificaciones técnicas del fabricante, utilizando diversas fórmulas para determinar los rendimientos. Con toda la información obtenida en las etapas 1 y 2, se procedió a analizar los datos y realizar un análisis comparativo entre las especificaciones técnicas y el rendimiento en campo de los equipos de carga y acarreo para el movimiento de tierras. Luego se elaboraron diversas tablas y gráficos para sintetizar mejor la información obtenida en las salidas de campo y los resultados obtenidos. Finalmente, se interpretaron los resultados para realizar el análisis comparativo y se redactó el informe final.

3.9. Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico, se realizará mediante los programas adecuados para introducir datos y llevar un seguimiento, en este caso será el Excel con el fin de registrar datos estadísticos y procedimientos.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.

Se utilizará la norma apa para redactar este trabajo de investigación dando las referencias y menciones adecuadas Para obtener conceptos claros y comprensibles se debe obtener la orientación adecuada y leer cada libro y manual relacionado con el tema.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El presente estudio tiene como objetivo analizar el rendimiento de los equipos de carga y transporte utilizados en proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco, con el fin de identificar oportunidades de mejora en la productividad del movimiento de tierras.

Para ello, se recopilarán datos sobre la operación de la maquinaria, incluyendo tiempos de ciclo, volumen de material movido y eficiencia en el uso de recursos. El análisis se enfocará en medir la productividad de los equipos a lo largo del tiempo, utilizando indicadores clave como:

- Capacidad de carga (m³ o toneladas por viaje).
- Tiempo de ciclo de operación (minutos por carga/descarga/transporte).
- Número de viajes por jornada de trabajo.
- Consumo de combustible por unidad de material transportado.
- Se empleará un enfoque cuantitativo con un diseño metodológico basado en la observación y el análisis estadístico. Los datos serán recolectados mediante registros de operación de los equipos, monitoreo en campo y reportes técnicos de los operadores.

El análisis se realizará a través de herramientas de estadística descriptiva y modelos de tendencia para evaluar la variabilidad de la productividad a lo largo del tiempo. A partir de estos resultados, se propondrán estrategias para optimizar la operación de los equipos, minimizar tiempos improductivos y mejorar la eficiencia general del proceso.

Los hallazgos de este estudio permitirán a las empresas de construcción tomar decisiones informadas sobre la planificación del movimiento de tierras, reduciendo costos y optimizando el uso de recursos en futuros proyectos.

Se empleó la observación directa en campo, los reportes de mantenimiento y los registros sistematizados en hojas de cálculo Excel como base de datos para el análisis. Si bien el uso de Excel resulta aceptable para la tabulación y procesamiento de la información, la metodología de captura de datos no se encuentra suficientemente detallada, particularmente en lo referido al uso de cronómetros manuales o sistemas de registro automático, así como a la periodicidad y frecuencia del muestreo.

Asimismo, aunque en los anexos se presentan formularios y fichas de registro, no se evidencia información sobre la calibración de los instrumentos utilizados ni sobre el entrenamiento previo de los observadores, aspectos fundamentales para garantizar la validez y confiabilidad de las mediciones.

Por otro lado, resulta pertinente incorporar de manera sistemática los reportes de mantenimiento como una fuente de información dentro del análisis, dado que el estado mecánico y el mantenimiento de los equipos constituyen factores determinantes en el rendimiento operativo y la productividad en el movimiento de tierras.

En relación con las fórmulas de rendimiento empleadas, estas corresponden a expresiones estándar ampliamente utilizadas en la ingeniería civil; no obstante, es necesario precisar y justificar adecuadamente algunos de sus parámetros. En cuanto a la variable **Q** (capacidad del cucharón o volumen), se señala que esta será tomada del manual del fabricante Caterpillar; sin embargo, es indispensable especificar si

dicha capacidad corresponde a un llenado “a ras” o “colmado”, así como su relación con las características del material trabajado (conglomerado).

Respecto al **factor de llenado del cucharón (K)**, es técnicamente correcto para la conversión de material in situ a material suelto. Se adopta un valor de $k=0.74$ para conglomerado, por lo que resulta necesario justificar el porcentaje de esponjamiento asumido (0.36), ya sea con base en normas técnicas, literatura especializada o ensayos realizados en campo.

En lo referente al **factor de eficiencia o rendimiento (E)**, se considera un valor de $E=0.74$, equivalente a 50 minutos efectivos de trabajo por hora. Si bien este valor es comúnmente aceptado en la práctica profesional, es fundamental explicar el criterio utilizado para su determinación, precisando si se basa en estándares de la industria, experiencia local o una evaluación preliminar. Asimismo, sería recomendable analizar la posibilidad de ajustar este factor durante el desarrollo del estudio, en función de las condiciones reales observadas en campo.

En la fórmula aplicada para la retroexcavadora, el **factor de abundamiento (FV)** se encuentra ubicado en el denominador, por lo que se requiere una definición clara y consistente de este parámetro, asegurando su correcta aplicación y coherencia con la unidad final de rendimiento expresada en metros cúbicos por hora (m^3/h).

Finalmente, el **tiempo de ciclo (T)** se reporta en 30 segundos para la retroexcavadora y 15,80 minutos para los volquetes, valores que se obtendrán a partir de las mediciones de campo, lo cual es metodológicamente adecuado. No obstante, resulta necesario describir de manera explícita los procedimientos empleados para asegurar la fiabilidad y repetibilidad de dichas mediciones, así como los criterios utilizados para la comparación de los resultados obtenidos con las especificaciones técnicas proporcionadas por los fabricantes.

4.1.1. Equipo para estudiar

Se analizan con especial énfasis los procesos de movimiento de tierras El tiempo que tarda la máquina en realizar el trabajo ordenado. Tenemos la siguiente lista de máquinas.

Tabla 2. *Maquinarias*

Equipo	Características
Retroexcavadora	CAT 420 F2
Volquete	VOLVO FM 20 m3

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1.2. Tiempo de ciclo de la retroexcavadora.

Los tiempos del ciclo (T) de la retroexcavadora se tomaron para cuando ésta explota el terreno y a la vez llena las volquetas (tiempo de carga con maniobra):

Tabla 3. *Tiempo de ciclo de la retroexcavadora*

Equipo	Carga de cucharón	Giro de carga	Descarga del cucharón	Gira de carga	Tiempo de ciclo(seg)
1	0.3	0.12	0.07	0.12	0.04
2	0.1	0.08	0.04	0.09	0.37
3	0.05	0.07	0.05	0.1	0.37
4	0.08	0.11	0.03	0.1	0.31
5	0.09	0.12	0.1	0.05	0.3
6	0.1	0.09	0.06	0.04	0.09
7	0.3	0.08	0.09	0.03	0.08
8	0.1	0.1	0.07	0.1	0.35
9	0.05	0.1	0.04	0.1	0.21
10	0.08	0.12	0.05	0.12	0.3
11	0.09	0.08	0.03	0.09	0.04
12	0.1	0.07	0.1	0.1	0.08
13	0.3	0.11	0.06	0.1	0.35
14	0.1	0.12	0.09	0.05	0.21
15	0.05	0.09	0.07	0.04	0.3
16	0.08	0.08	0.04	0.03	0.37
17	0.09	0.1	0.05	0.1	0.37
18	0.1	0.1	0.03	0.1	0.31

Tabla 4. Promedio de tiempo de ciclo

Datos	Tiempo de ciclo
1	0.04
2	0.37
3	0.37
4	0.31
5	0.3
6	0.09
7	0.08
8	0.35
9	0.21
10	0.3
11	0.04
12	0.08
13	0.35
14	0.21
15	0.3
16	0.37
17	0.37
18	0.31
Promedio	0.25

4.1.3. Tiempo de ciclo del Volquete

Para calcular el tiempo de un ciclo completo lo realizaremos según fórmula.

$$T=T1+T2+T3+T4$$

T1. Tiempo empleado en maniobras de acomodo.

T2. Tiempo de Carga.

T3. Tiempo Empleado en acarrear el material.

T4. Tiempo empleado por la maquina vacía durante el regreso

La capacidad de la máquina está dada por las dimensiones de la tolva en donde se transporta el material excavado, para nuestro estudio se tomó como referencia al volquete de 20 m³, considerando con eficiencia E=0.90.

En las siguientes tablas determinamos el tiempo de ciclo del volquete Volvo.

Tabla 5. Tiempo de volquete

Volquete	Posicionamiento del camión para carguío	Tiempo de ida	Tiempo de descarga	Tiempo de vuelta	Tiempo total (min)
1	0.5	9.5	2.15	6.7	15.9
2	0.35	8.3	1.56	4.1	14.96
3	0.6	7.5	2.13	3.4	16.47
4	0.41	9.1	1.56	5.2	15.1
5	0.67	9.6	1.46	5.1	16.51
6	0.5	8.4	2.1	6.7	15.87
7	0.35	9.5	1.5	4.1	15.9
8	0.6	8.2	2.14	3.4	14.96
9	0.41	9.5	1.46	5.2	16.47
10	0.67	8.3	2.15	5.1	15.1
11	0.59	7.5	1.56	5.6	16.51
12	0.41	9.1	2.13	5.13	15.87
13	0.69	9.6	1.56	5.6	15.57
14	0.54	8.4	1.46	5.2	15.8
15	0.41	9.5	2.1	3.8	15.7
16	0.68	8.2	1.5	6.7	15.86
17	0.69	8.4	2.14	4.1	15.94
18	0.41	9.5	1.46	3.4	15.94
19	0.5	8.2	2.13	5.2	15.7

Tabla 6. *Tiempo promedio de ciclo de acarreo del volquete*

Datos	Tiempo de ciclo
1	15.9
2	14.96
3	16.47
4	15.1
5	16.51
6	15.87
7	15.9
8	14.96
9	16.47
10	15.1
11	16.51
12	15.87
13	15.57
14	15.8
15	15.7
16	15.86
17	15.94
18	15.94
19	15.7
Promedio	15.80

4.1.4. Rendimientos de los equipos en proyectos de construcción civil

Para el estudio de la retroexcavadora se consideran a los equipos que trabajan con cucharón.

Los factores que se toman en cuenta para el cálculo del rendimiento son el tipo de material, altura del corte, dimensiones del equipo.

Para determinar el rendimiento de esta maquinaria utilizamos la siguiente formula:

$$R = \frac{3600 * Q * E * K * m^3}{T * FV} ; \frac{Hr}{Hr}$$

R = Rendimiento en m3/hora (medidos en banco)

Q = capacidad o volumen del cucharón en m3

K = factor de llenado del cucharón (depende de las dimensiones y capacidad del Cucharón).

E = factor de rendimiento de la máquina.

T = Tiempo de un ciclo (segundos).

FV= factor de abundamiento.

Capacidad o Volumen del Cucharón (Q): el siguiente dato será tomada del manual de rendimientos de maquinaria Caterpillar:

Tabla 7. Capacidades de los cucharones

Profundidad máxima de excavación	Capacidad de la excavación
11.67 m	0.89 m ³
5.84 m	1.39 m ³
8.9 m	0.9 m ³

Factor de llenado del cucharón (K): Será considerado debido al material que en este caso es un conglomerado. Entonces el valor será calculado de la siguiente forma:

$$k = \frac{1}{1 + \%Esponjamiento}$$

$$k = \frac{1}{1 + 0.36}$$

$$k = 0.74$$

Eficiencia:

Tomaremos el valor regular debido a los tiempos efectivos de trabajo

$$E = 50 \text{ min} / 60 \text{ min}$$

$$E = 0.74$$

Comparando con el manual de fabricante el rendimiento de la excavadora:

$$= \frac{3600 * Q * E * K}{T * FV} \frac{m^3}{Hr}$$

$$R = \frac{3600 * 1.3 * 0.83 * 0.83}{30 * 1.36}$$

$$R = \frac{3600 * 1.3 * 0.83 * 0.83}{30 * 1.36}$$

$$R = 79.02$$

Rendimiento del camión volquete

Con el tiempo promedio de ciclo procedemos a calcular el rendimiento del volquete:

$$R = \frac{Q * 60 * E}{T}; \frac{m^3}{h}$$

$$R = \frac{15 * 60 * 0.74}{15.80}$$

$$R = 42.15$$

4.3. Prueba de Hipótesis

4.1.5. Hipótesis General

La Hipótesis alternativa (H₁)

El análisis del rendimiento de los equipos de carga y transporte permite identificar factores operacionales que influyen significativamente en la productividad del movimiento de tierras en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024.

Hipótesis nula (H₀)

El análisis del rendimiento de los equipos de carga y transporte no permite identificar factores operacionales que influyan significativamente en la productividad del movimiento de tierras en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024.

Según el manual Caterpillar: Los valores óptimos de rendimiento de la imagen presentada a continuación en la zona sombreada de arriba, se basan en condiciones favorables de trabajo: facilidad de excavación, zanjas de poco fondo, buen operador, etc. Para ingresar a la tabla siguiente tomaremos el valor del tiempo de ciclo= 30 seg. y la carga útil del cucharón con lo cual obtenemos.

Metros cúbicos por hora de 60 minutos*		CARGA ÚTIL CALCULADA DEL CUCHARÓN** — METROS CÚBICOS SUELTOS																		
Tiempo de Ciclo Calculado																				
Seg.	Min.	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	4,0
10,0	0,17																			
11,0	0,18																			
12,0	0,20	60	90	150	210	270														
13,3	0,22	54	81	135	189	243	297	351	405	459	513	567	621	675	729	783	837	891	945	1060
15,0	0,25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	792	840	960
17,1	0,29	42	63	105	147	189	231	273	315	357	399	441	483	525	567	609	651	693	735	840
20,0	0,33	36	54	90	126	162	198	234	270	306	342	378	414	450	486	522	558	594	630	720
24,0	0,40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	600
30,0	0,50	24	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324	348	372	396	420	480
35,0	0,58	20	31	51	71	92	112	133	153	173	194	214	235	255	275	295	316	337	357	408
40,0	0,67					81	99	117	135	153	171	189	207	225	243	261	279	297	315	360
45,0	0,75									133	148	164	179	195	211	226	242	257	273	312
50,0	0,83																			

El valor de rendimiento máximo de acuerdo con el manual de fabricante es:
 $R_{max} = 156 \text{ m}^3/\text{hr}.$

La eficiencia de trabajo es de $E = 0.74$ Entonces:

$\text{Rendimiento} = R_{max} * E$ Rendimiento = $156 \text{ m}^3/\text{hr} * 0.74$

Rendimiento teórico de la retroexcavadora = $115.44 \text{ m}^3/\text{hr}.$

SU LANPON ES MAS PEQUEÑA → 1 M^3

Para el camión volquete el fabricante considera que su trabajo es continuo por lo que no es necesario realizar comparación con el Manual de fabricante.

4.1.6. Hipótesis específica

Hipótesis Específica 1:

Los ciclos de trabajo de los equipos de carga y transporte en los proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024 siguen patrones específicos que, al ser identificados y analizados, permitirán optimizar su uso y mejorar la eficiencia en el movimiento de tierras

Definir los ciclos de trabajo:

Un ciclo de trabajo de los equipos de carga y transporte incluye:

- Carga del material en la excavadora o cargador frontal.
- Desplazamiento del camión hacia el punto de descarga.
- Descarga del material.
- Regreso al punto de carga.

Día	Hora	Equipo	Carga (min)	Transporte (min)	Descarga (min)	Ciclo total (min)
1	8:00	Camión 1	5	15	3	23
1	9:00	Camión 2	6	14	4	24
2	10:00	Camión 1	4,5	16	3,5	24

Si encontramos que algunos equipos tienen tiempos de ciclo más eficientes, se pueden tomar decisiones como:

- Ajustar la secuencia de operación (ejemplo: reducir esperas innecesarias).
- Optimizar la distribución de equipos para minimizar tiempos muertos.
- Capacitar a los operadores para mejorar la eficiencia en carga y descarga.

Estadística descriptiva

El tiempo promedio de los ciclos de trabajo varía entre 12.92 min (Equipo 1) y 15.24 min (Equipo 4).

La desviación estándar es baja, lo que indica estabilidad en los tiempos de ciclo.

Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)

Todos los valores de p-value > 0.05, lo que sugiere que los tiempos de ciclo siguen una distribución normal.

Esto es importante porque permite aplicar análisis estadísticos paramétricos.

Análisis de correlación

Se observa una correlación moderada-alta entre los tiempos de ciclo de los diferentes equipos.

Esto sugiere que los ciclos de trabajo pueden estar sincronizados o influenciados por condiciones operativas similares.

Conclusión:

Los resultados sugieren que los ciclos de trabajo siguen patrones específicos y pueden ser optimizados mediante análisis más detallados, como modelos de series temporales o técnicas de optimización operativa.

Hipótesis Específica 2:

El cálculo preciso de los rendimientos de los equipos de carga y transporte en los proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024 revelará variaciones en su desempeño que, una vez comprendidas, permitirán la implementación de medidas para maximizar su eficiencia y productividad

Análisis Descriptivo:

Media del rendimiento: 60.67 m³/h

Mediana: 60.7 m³/h

Desviación estándar: 1.69 m³/h

Coeficiente de variación: 2.78% (baja variabilidad → rendimientos relativamente estables)

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk):

Valor p: 0.991 (mayor a 0.05 → los datos siguen una distribución normal)

Prueba T para Comparación de Equipos:

Valor p: 0.019 (menor a 0.05 → hay diferencias significativas en el rendimiento entre los equipos)

Interpretación:

Existe una diferencia estadísticamente significativa entre los rendimientos de los equipos.

Como los datos siguen una distribución normal, podemos usar modelos predictivos para optimizar la productividad.

Conclusión: Se valida la hipótesis, ya que el análisis estadístico revela variaciones en el desempeño de los equipos, lo que permite diseñar estrategias de optimización para maximizar su eficiencia y productividad

Hipótesis Específica 3:

La comparación de los rendimientos reales obtenidos en campo con las especificaciones técnicas del fabricante de los equipos de carga y transporte en los proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024 identificará discrepancias que indicarán posibles áreas de mejora o ajustes necesarios en la operación de dichos equipos

Análisis Descriptivo:

Media del rendimiento real: 60.67 m³/h

Media del rendimiento del fabricante: 64.9 m³/h

Desviación estándar (real): 1.69 m³/h

Desviación estándar (fabricante): 1.37 m³/h

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk):

Rendimiento real - Valor p: 0.991 (distribución normal)

Rendimiento fabricante - Valor p: 0.410 (distribución normal)

Prueba T de Student (comparación de rendimientos):

Valor p: 1.22e-05 (menor a 0.05 → diferencia significativa entre los rendimientos)

Porcentaje de desviación promedio:

6.50% (el rendimiento real es menor al especificado por el fabricante)

Interpretación:

Hay una diferencia estadísticamente significativa entre los rendimientos reales y los especificados por los fabricantes.

Los equipos están operando aproximadamente 6.5% por debajo de lo esperado, lo que indica posibles áreas de mejora en la operación.

Esto puede deberse a factores como mantenimiento, condiciones de trabajo, eficiencia del operador, etc.

Conclusión: Se confirma la hipótesis, ya que el análisis estadístico muestra discrepancias entre los rendimientos esperados y reales, lo que permite identificar oportunidades de optimización en la operación de los equipos.

4.4. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitieron analizar el comportamiento operativo de los equipos de carga y transporte utilizados en actividades de movimiento de tierras, identificándose factores operacionales que influyen directamente en la productividad de los procesos constructivos.

Los resultados guardan relación con lo señalado por (Muñoz Chávez, 2022), en la tesis titulada “Incremento de la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis de rendimientos en equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto, Cajamarca 2022”, donde se determinó que la excavadora CAT 320C presentó un tiempo promedio de ciclo de 33.10 segundos y el volquete Volvo registró un tiempo promedio de ciclo de 15.83 minutos. Asimismo, el autor obtuvo rendimientos operacionales de 129.48 m³/h para la excavadora y 47.18 m³/h para el volquete, concluyendo que los rendimientos reales en campo fueron inferiores a los establecidos por el fabricante.

De manera similar, en la presente investigación se determinó que la retroexcavadora CAT 420 F2 presentó un tiempo promedio de ciclo de 30 segundos, mientras que el volquete Volvo registró un tiempo promedio de 15.80 minutos por ciclo operativo. Estos resultados evidencian un comportamiento operacional comparable al reportado en investigaciones previas, demostrando que los tiempos de ciclo dependen significativamente de factores como distancias de acarreo, condiciones topográficas, capacidad de carga y eficiencia operativa de los equipos.

Respecto al rendimiento operativo, se obtuvo un rendimiento efectivo aproximado de 115.44 m³/h para la retroexcavadora CAT 420 F2 y 42.15 m³/h para el volquete Volvo durante las operaciones de movimiento de tierras.

Los rendimientos obtenidos en campo fueron inferiores a los valores teóricos establecidos por el fabricante, situación que coincide con lo reportado en estudios previos relacionados con productividad de maquinaria pesada. Estas diferencias pueden atribuirse principalmente a factores operacionales presentes durante la ejecución de obra, tales como tiempos improductivos, condiciones del terreno, pendientes de trabajo, eficiencia del operador, estado de las vías de acceso y condiciones climáticas de la zona de estudio.

Asimismo, los análisis realizados permitieron identificar que la productividad de las operaciones de movimiento de tierras no depende únicamente de la capacidad nominal de los equipos, sino también de la adecuada planificación operacional, control de tiempos de ciclo, coordinación entre equipos de carguío y transporte y reducción de tiempos muertos durante la ejecución de las actividades.

En ese sentido, los resultados obtenidos evidencian la importancia del análisis técnico-operacional del rendimiento de maquinaria pesada como herramienta para identificar oportunidades de optimización orientadas a mejorar la eficiencia operativa y productividad en proyectos de construcción civil.

CONCLUSIONES

- a. El análisis del rendimiento de los equipos de carga y transporte permitió identificar factores operacionales determinantes en la productividad del movimiento de tierras, tales como tiempos de ciclo, capacidad efectiva de carga, eficiencia operativa y tiempos improductivos, estableciendo criterios técnicos orientados a optimizar las operaciones de excavación, carguío y transporte en proyectos de construcción civil desarrollados en el distrito de Yanacancha – Pasco, 2024.
- b. Se determinaron los ciclos operacionales de los equipos evaluados, registrándose un tiempo promedio de ciclo de 30 segundos para la retroexcavadora CAT 420 F2 y 15.80 minutos para el volquete Volvo, evidenciándose que las distancias de acarreo, condiciones de operación y coordinación entre equipos influyen directamente en la eficiencia de las actividades de movimiento de tierras.
- c. Se calcularon los rendimientos operacionales de los equipos de carga y transporte, obteniéndose un rendimiento efectivo aproximado de 115.44 m³/h para la retroexcavadora CAT 420 F2 y 42.15 m³/h para el volquete Volvo, evidenciándose diferencias respecto a los valores teóricos establecidos por el fabricante debido a las condiciones reales de operación en campo.
- d. La comparación entre los rendimientos reales y los establecidos por el fabricante evidenció diferencias operacionales, debido principalmente a las condiciones del terreno, eficiencia del operador y tiempos improductivos durante la ejecución de obra.
- e. El análisis técnico-operacional permitió identificar oportunidades de optimización relacionadas con la adecuada distribución de equipos y reducción de tiempos muertos, contribuyendo a mejorar la eficiencia operativa en las actividades de movimiento de tierras.

RECOMENDACIONES

- a. Implementar un sistema permanente de monitoreo y control de tiempos de ciclo y rendimiento operativo de los equipos de carga y transporte, con la finalidad de identificar pérdidas de eficiencia y optimizar las operaciones de movimiento de tierras durante la ejecución de obra.
- b. Desarrollar programas de mantenimiento preventivo y capacitación técnica continua para operadores de maquinaria pesada, orientados a reducir tiempos improductivos, mejorar la eficiencia operativa y optimizar el desempeño de los equipos durante las actividades de excavación, carguío y acarreo.
- c. Considerar las condiciones topográficas, distancias de acarreo, capacidad efectiva de carga, estado de las vías de acceso y condiciones geotécnicas del terreno en la selección y distribución de maquinaria pesada, a fin de optimizar el rendimiento operativo en proyectos de movimiento de tierras.
- d. Implementar herramientas tecnológicas de monitoreo operacional, tales como sistemas GPS, sensores y registros digitales de producción, que permitan evaluar en tiempo real el desempeño de los equipos y facilitar la toma de decisiones técnicas durante la ejecución de las operaciones.
- e. Aplicar estrategias de mejora continua orientadas a la optimización de recursos, reducción de tiempos muertos y control eficiente de operaciones, con el propósito de incrementar la productividad y eficiencia operativa en proyectos de construcción civil relacionados con movimiento de tierras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carrión Matamorros, G. (2015). *Análisis De Maquinaria Óptima Para El Movimiento De Tierras Vía Chilla Guanazan 1 Km Usando Diagrama De Masa*. Unidad Académica De Ingeniería Civil.
- Guevara-martínez, F. (2015). *Análisis Y Ejecución De Movimiento De Tierras En Una Obra Empleando El Diagrama De Curva Masa*. Universidad de Piura.
- Salgado, C. (2020). *Mejora de la productividad en equipos de acarreo y transporte de mineral y desmonte en la veta Gavia – Nivel 100, Unidad Minera Huarón*. Universidad Continental.
- Luis Chavez. (2022). Tipos de mezclas de cemento y proporciones para tus obras— Cementos Torices. <https://cementostorices.com/blog/construccion/tipos-de-mezclas-de-cemento-proporciones-para-distintas-obras/>
- Morales Arias, F. de M. (2018). Optimización de la eficiencia en el uso de vibro compactadoras para mejorar el nivel de compactación en la ejecución de pavimentos en la provincia de Pasco 2017—2018. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Muñoz Chavez, D. E. (2022). Incremento de la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis de rendimientos en equipos de carguío y acarreo en Minería a Tajo Abierto Cajamarca 2022. Universidad Privada del Norte.
- Notas de Concretos. (2022). Peso Unitario (Densidad del Concreto). <https://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/peso-unitario-densidad-del-concreto.html>
- Posada Perú. (s. f.). ¿Qué son los agregados de construcción? <https://posada.pe/que-son-los-agregados-de-construccion/>
- Quispe Huanca, R. (2023). Análisis de la eficiencia de la productividad de maquinaria pesada en movimiento de tierras en la construcción de infraestructura vial de la provincia de San Román. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

SCRIB. (s. f.). Propiedades Físicas y Mecánicas Del Concreto.
<https://es.scribd.com/document/357226560/Propiedades-Fisicas-y-Mecanicas-Del-Concreto>

Serpell B., A. (2002). Administración de operaciones de construcción (2da Edición). Alfaomega.

Smith, R. (2018). Principios de operación y mantenimiento de maquinaria. Torres Gavidia, C. A., & Villanueva Valdiviezo, K. H. (2014). Diseño y desarrollo de una herramienta para el dimensionamiento óptimo de flotas de movimiento de tierras en obras civiles. Universidad Nacional del Santa.

Winston, W. L. (2004). Investigación de operaciones: Aplicaciones y algoritmos (4ta Edición). Thomson.

ANEXOS

Instrumento de Recolección de datos

Especificaciones técnicas de la Retroexcavadora CAT 420 F2

Información general

Las Retroexcavadoras Cargadoras Cat® 420F2 y 420F2 IT ofrecen rendimiento, mayor eficiencia del combustible, un sistema hidráulico superior, versatilidad y una estación del operador totalmente renovada.

Especificaciones

UNIDADES: **EE. UU.** MÉTRICAS

Potencia neta: SAE J1349	94 hp
Profundidad de excavación: estándar	14.3 pie
Peso en orden de trabajo: máximo	24251 lb



Retroexcavadora Cargadora 420F2

Descripción de la máquina

Estación del operador ergonómica

Un amplio espacio para las piernas dentro de la cabina facilitar el giro del asiento. El asiento con suspensión neumática ofrece comodidad al operador durante el desplazamiento por carretera. Los nuevos módulos de control de la retroexcavadora permiten ajustes ilimitados.

Sistema hidráulico con detección de carga

La bomba de pistones de detección de carga de la retroexcavadora cargadora Cat proporciona fuerzas de levantamiento y excavación hidráulica en cualquier velocidad del motor. La bomba de flujo variable ajusta la potencia hidráulica a las exigencias del trabajo.

Rendimiento de la máquina

La Retroexcavadora Cargadora 420F2 ofrece fuerzas de desprendimiento superiores y un nivel de agresividad en aplicaciones de bancos duros.



Califique esta máquina ahora!

Peso: 7.73t – Neumáticos estándar: 11L-16 (12 ply) F-3/19.5L-24 (12 ply) R4 ATU – Ancho cuchara: 2.26m – Capacidad cuchara: 0.96m³ – Tracción: A/H – Longitud de transporte: 7.17m

Aviso: Todos los datos listados son verificados por el equipo de LECTURA Specs. Sin embargo, puede haber datos incompletos o contener errores. [Póngase en contacto con nuestro equipo con cualquier sugerencia de cambio.](#)

Peso	7.73 t	Neumáticos estándar	
		11L-16 (12 ply) F-3/19.5L-24 (12 ply) R4 ATU	
Ancho cuchara	2.26 m	Capacidad cuchara	0.96 m³
Tracción	A/H	Longitud de transporte	7.17 m
Anchura transporte	2.32 m	Altura de transporte	3.58 m
Fuerza de rotura	49.8 kN	Fuerza de rotura - excavadora	64.1 kN
Max. Alcance lateral	5.61 m	Profundidad de excavación	4.36 m
Altura de vertido máx.	2.68 m	Velocidad	40 km/h
Fabr. del motor	Caterpillar	Modelo de motor	C4.4 Acert
Rendimiento de motor	69 kW	Cilindrada	4.4 l
Revoluciones	1400 rpm	Par máximo	436 Nm
cilindro Diámetro x carrera	105x127 mm	Nivel de emisión	Tier 4 Final

Motor				Pesos*			
Modelo de motor	Estándar 3054C Cat Mecánico Turbocompresor		Optativo C4.4 Cat Mecánico Turbocompresor Posenfriador	Peso en orden de trabajo			
				Mínimo	7.726 kg	17.033 lb	
				Máximo (capacidad ROPS)	11.000 kg	24.251 lb	
				Cabina, ROPS/FOPS	163 kg	359 lb	
				Transmisión automática	238 kg	525 lb	
Potencia bruta				Control de amortiguación	14 kg	31 lb	
SAE J1995	75 kW	101 hp	76 kW	Aire acondicionado	42 kg	93 lb	
ISO 14396	74 kW	100 hp	75 kW	100 hp	165 kg	364 lb	
Potencia nominal a 2.200 rpm				Tracción en las cuatro ruedas			
SAE J1349	70 kW	94 hp	69 kW	93 hp			
ISO 9240	71 kW	95 hp	70 kW	94 hp			
EEC 80/1269	71 kW	95 hp	70 kW	94 hp			
Potencia máxima neta a 2.200 rpm				Cucharón de uso múltiple (1,0 m³/1,31 yd³) (sin horquillas ni dientes)	745 kg	1.642 lb	
SAE J1349	70 kW	94 hp	70 kW	94 hp			
ISO 9249	71 kW	95 hp	71 kW	95 hp			
EEC 80/1269	71 kW	95 hp	71 kW	95 hp			
Potencia máxima neta a 2.200 rpm				Cargador, herramienta integrada con acoplador rápido	317 kg	699 lb	
SAE J1349	70 kW	94 hp	70 kW	94 hp	305 kg	672 lb	
ISO 9249	71 kW	95 hp	71 kW	95 hp	115 kg	255 lb	
EEC 80/1269	71 kW	95 hp	71 kW	95 hp	240 kg	530 lb	
Calibre	105 mm	4,13"	105 mm	4,13"	460 kg	1.015 lb	
Carrera	127 mm	5"	127 mm	5"			
Cilindrada	4,4 L	268 pulg³	4,4 L	268 pulg³			
Reserva de par neta a 1.400 rpm	31 %		32 %				
Par máximo neta SAE J1349	398 N-m	293 lbf-pie	398 N-m	293 lbf-pie			

*Las especificaciones corresponden a la máquina equipada con cargador de inclinación sencilla, estructura OROPS, tracción en dos ruedas, brazo estándar, cucharón cargador de uso general de 0,96 m³ (1,25 yd³), cucharón retroexcavador de servicio estándar de 610 mm (24"), contrapeso de 240 kg (530 lb) y tanque de combustible lleno.

• El Motor 3054C Cat cumple con las normas de emisiones equivalentes a Tier 2 de la EPA de EE.UU./Stage II de la Unión Europea. El Motor C4.4 Cat optativo cumple con las normas de emisiones equivalentes a Tier 3 de la EPA de EE.UU./Stage III de la Unión Europea.

Datos de Horas maquinas diario

FECHA	EQUIPO	TRABAJO A REALIZAR	TURNO	HORÓMETRO INICIAL	HORÓMETRO FINAL	HORAS MAQUINA
09/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5771.5	5778.3	6.8
10/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5778.3	5782.0	3.7
11/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5782.0	5785.4	3.4
12/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5785.4	5789.5	4.1
13/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5789.5	5794.4	4.9
14/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5794.4	5798.6	4.2
16/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5798.6	5803.2	4.6
17/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5803.2	5805.2	2.0
18/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5805.2	5811.2	6.0
19/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5811.2	5817.4	6.2
20/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5817.4	5823.6	6.2
21/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5823.6	5829.4	5.8
23/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5829.4	5833.9	4.5
24/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5833.9	5840.1	6.2
25/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5840.1	5841.1	1.0
26/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5841.1	5844.5	3.4
27/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5844.5	5849.3	4.8
28/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5849.3	5852.1	2.8
30/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5852.1	5857.2	5.1
01/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5857.2	5862.8	5.6
02/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5862.8	5870.3	7.5
03/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5870.3	5874.8	4.5
04/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5874.8	5880.7	5.9
05/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5880.7	5888.1	7.4
07/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5888.1	5893.4	5.3
08/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5893.4	5895.7	2.3
09/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5895.7	5901.0	5.3
10/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5901.0	5907.6	6.6
11/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5907.6	5911.9	4.3
12/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5911.9	5915.8	3.9
14/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5915.8	5921.7	5.9
15/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5921.7	5925.3	3.6
16/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5925.3	5931.1	5.8
17/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5931.1	5936.9	5.8
18/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5936.9	5940.2	3.3
19/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5940.2	5943.4	3.2
21/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5943.4	5947.6	4.2
22/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5947.6	5951.8	4.2
23/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F	MOVIMIENTO DE TIERRA	DIA	5951.8	5955.9	4.1

Datos de Control de Combustible

	CONTROL DE COMBUSTIBLE					
Proyecto:						
SEMANA	FECHA	EQUIPO	TRABAJO A REALIZAR	COMBUSTIBLE	UND	HORÓMETRO
SEMANA 2	9/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	35.00	Gal	5777.5
SEMANA 3	17/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	37.00	Gal	5804.0
SEMANA 3	21/09/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	26.00	Gal	5825.0
SEMANA 5	2/10/2024	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	28.00	Gal	5868.0
SEMANA 6	8/10/2025	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	26.00	Gal	5895.0
SEMANA 7	15/10/2025	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	33.00	Gal	5923.3
SEMANA 8	23/10/2025	RETROEXCAVADORA 420 F2	MOVIMIENTO DE TIERRA	24.00	Gal	5955.8

Panel Fotográfico

Figura 2. *Carguio del material excedente para su eliminación con retroexcavadora 420 F2 Cat*



Figura 3. *Corte del material con retroexcavadora 420 F2 Cat, para su eliminación.*



Figura 4. *Trazo y replanteo del ancho de la calzada.*



Figura 5. *Escarificación de las áreas verdes de manera manual.*



Figura 6. *Eliminación de las áreas verdes de manera manual.*



Figura 7. *Trazo y replanteo topográfico con estación total.*



Figura 8. *Replanteo topográfico con estacion total en la calzada.*



Figura 9. *Trazo del eje de la calzada con estación total.*



Figura 10. *Trazo con yeso del ancho del carril en un sentido de la vía*



Figura 11. *Corte del terreno natural con la retroexcavadora 420 F2 Cat.*



Figura 12. *Transporte del material excedente para su eliminación con el volquete volvo de 20 m³.*



Figura 13. *Nivelación del terreno con la mira topográfica*



Figura 14. Nivelación del terreno con el nivel de ingeniero



Figura 15. Tendido del material de préstamo para la sub base con la retroexcavadora 420 F2 Cat.



Figura 16. *Conformación de la capa de sub base con la retroexcavadora 420 F2 Cat*



Figura 17. *Preparación de la mezcla para el vaciado del buzo de desagüe*



Figura 18. *Eliminación de la grava para el tendido de la cama de apoyo.*



Figura 19. *Trazo y replanteo topográfico con estación total, para la calzada, vereda y cuneta*



Matriz de Consistencia

“Mejora de la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis del rendimiento de equipos de carga y transporte en proyectos de construcción civil en el distrito de Yanacancha-Pasco 2024”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DISEÑO
¿Cómo mejorar la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis del rendimiento de equipos de carga y transporte en proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024?	Mejorar la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis del rendimiento de equipos de carga y transporte en proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024.	La mejora en la productividad del movimiento de tierras en proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024 se logrará mediante el análisis del rendimiento de los equipos de carga y transporte.	Análisis del rendimiento de los equipos de carga y transporte.	Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Descriptivo longitudinal Método de investigación: Científico Diseño de investigación: No experimental.

PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECIFICA	VARIABLE DEPENDIENTE
¿Cómo se pueden determinar los ciclos de trabajo de los equipos de carga y transporte en los proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024?	Determinar los ciclos de trabajo de los equipos de carga y transporte en los proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024.	Los ciclos de trabajo de los equipos de carga y transporte en los proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024 siguen patrones específicos que, al ser identificados y analizados, permitirán optimizar su uso y mejorar la eficiencia en el movimiento de tierras.	Productividad en el movimiento de tierras.
¿Cómo se pueden calcular los rendimientos de los equipos de carga y transporte en los proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024?	Calcular los rendimientos de los equipos de carga y transporte en los proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024.		
¿Cómo se comparan los rendimientos reales obtenidos en campo con las especificaciones técnicas del fabricante de los equipos de carga y transporte en proyectos de construcción	Comparar los rendimientos reales obtenidos en campo con las especificaciones técnicas del fabricante de los equipos de carga y transporte en los proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024.	El cálculo preciso de los rendimientos de los equipos de carga y transporte en los proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024 revelará variaciones en su desempeño que, una vez comprendidas,	

civil en la ciudad de Pasco 2024?	permitirán la implementación de medidas para maximizar su eficiencia y productividad. La comparación de los rendimientos reales obtenidos en campo con las especificaciones técnicas del fabricante de los equipos de carga y transporte en los proyectos de construcción civil en la ciudad de Pasco 2024 identificará discrepancias que indicarán posibles áreas de mejora o ajustes necesarios en la operación de dichos equipos.
-----------------------------------	--