

IMPACTO DE LOS RETRASOS POR FACTORES EXTERNOS EN LA
PRODUCTIVIDAD DE MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.

JUAN CAMILO GAMBOA CAMPOS

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT, CUNDINAMARCA
2025

IMPACTO DE LOS RETRASOS POR FACTORES EXTERNOS EN LA
PRODUCTIVIDAD DE MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.

JUAN CAMILO GAMBOA CAMPOS
juan-gamboa1@upc.edu.co

Monografía presentada como opción de grado para optar el título de Ingeniero Civil

Docente
ABBAD JACK JIMMINK MURILLO
Administrador del Medio Ambiente
Ingeniero Civil
Esp. En Agua y Saneamiento Ambiental
abbad-jimmink@upc.edu.co

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT, CUNDINAMARCA
2025

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Girardot, 03 de noviembre de 2025

Contenido

INTRODUCCIÓN	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	9
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
2. JUSTIFICACIÓN	12
3. OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
4. MARCO REFERENCIAL	15
5 DELIMITACIÓN.....	25
6 DISEÑO METODOLÓGICO.....	26
7 RECURSOS	27
8 DESARROLLO PROPUESTA	28
9 CONCLUSIONES	36
10 RECOMENDACIONES	38
11 REFERENCIAS.....	40
Referencias	40

INTRODUCCIÓN

En los proyectos de construcción, especialmente en los que se involucran actividades de movimiento de tierras, la productividad de la maquinaria pesada juega un papel determinante para el cumplimiento de los cronogramas establecidos y para el uso productivo de los recursos humanos, técnicos y económicos disponibles. Estas labores representan una de las etapas más críticas en el proceso de construcción, ya que cualquier retraso o interrupción puede generar sobrecostos, desajustes en la programación y disminución de la productividad operativa.

No obstante, en la práctica se evidencian diferentes situaciones que afectan directamente el rendimiento esperado de los equipos. Entre ellas se encuentran factores externos como las condiciones climáticas desfavorables, el estado del terreno, los errores en la planificación logística, la disponibilidad de combustible, los tiempos de espera por mantenimiento o por coordinación con otras actividades de obra, e incluso la falta de capacitación del personal encargado. Estas variables, pueden generar pérdidas de tiempo acumuladas significativas que afectan directamente la productividad completa del proyecto.

Frente a esta situación, surge la necesidad de realizar un análisis detallado de las causas más recurrentes que originan estos retrasos, con el propósito de establecer medidas correctivas y preventivas que permitan optimizar el desempeño de la maquinaria. Este análisis debe integrar aspectos técnicos, administrativos y normativos, orientados hacia una gestión más eficiente de los recursos y una mejor toma de decisiones en obra.

Asimismo, las propuestas que surjan de este estudio deberán fundamentarse en experiencias reales y en la normativa vigente en Colombia, lo que permitirá garantizar su viabilidad y coherencia con las condiciones locales del sector. De esta manera, el trabajo busca contribuir al fortalecimiento de la gestión constructiva, promoviendo una cultura de control, seguimiento y mejora continua en el uso de maquinaria de movimiento de tierras.

RESUMEN

En las obras de construcción, sobre todo en los trabajos de movimiento de tierras, es común que se pierda tiempo durante la jornada laboral. Esto provoca que en varias ocasiones no se logren cumplir los cronogramas semanales establecidos. estas demoras se generan por diferentes factores, entre ellos el clima (lluvias inesperadas), la falta de coordinación en la operación de las máquinas, los tiempos muertos mientras se espera material o instrucciones, e incluso por mantenimientos no programados de los equipos.

Todo esto repercute directamente en la productividad, ya que las máquinas permanecen detenidas o trabajando por debajo de su capacidad real, a su vez, se generan costos adicionales por combustible, mano de obra y alquiler de equipos que no están produciendo al ritmo esperado, además, los retrasos en esta etapa afectan de manera acumulativa las otras actividades de la obra, generando una cadena de incumplimientos.

PALABRAS CLAVE:

- MOVIMIENTO DE TIERRAS
- MAQUINARIA
- CRONOGRAMA
- PRODUCTIVIDAD
- TIEMPO.

ABSTRACT

IN CONSTRUCTION WORK, ESPECIALLY IN EARTH MOVING ACTIVITIES, THERE IS A LOT OF TIME LOST DURING THE WORKING DAY. THIS MEANS THAT ON SEVERAL OCCASIONS THE ESTABLISHED WEEKLY SCHEDULES CANNOT BE MET. THESE DELAYS ARE CAUSED BY VARIOUS FACTORS, INCLUDING THE WEATHER (UNEXPECTED RAIN), LACK OF COORDINATION IN THE OPERATION OF MACHINERY, DOWNTIME WHILE WAITING FOR MATERIALS OR INSTRUCTIONS, AND EVEN UNSCHEDULED EQUIPMENT MAINTENANCE.

ALL OF THIS HAS A DIRECT IMPACT ON PRODUCTIVITY, AS MACHINES REMAIN IDLE OR WORK BELOW THEIR ACTUAL CAPACITY, WHILE ADDITIONAL COSTS ARE INCURRED FOR FUEL, LABOR, AND EQUIPMENT RENTAL THAT IS NOT PRODUCING AT THE EXPECTED RATE. IN ADDITION, DELAYS AT THIS STAGE HAVE A CUMULATIVE EFFECT ON OTHER ACTIVITIES ON THE SITE, CREATING A CHAIN OF NONCOMPLIANCE.

KEYWORDS: EARTH MOVING, MACHINERY, SCHEDULE, PRODUCTIVITY, TIME

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En proyectos de construcción que involucren movimiento de tierras, la productividad de la maquinaria juega un papel determinante en el cumplimiento de los plazos, los costos y la calidad general del proyecto. Sin embargo, en el desarrollo, se presentan situaciones donde los equipos no operan de manera continua ni alcanzan el rendimiento esperado. Este fenómeno se debe principalmente a factores externos que interrumpen el desarrollo normal de las operaciones y disminuyen la eficiencia programado.

Entre las causas más frecuentes se encuentran las condiciones climáticas inesperadas, como lluvias fuertes y/o prolongadas, altas temperaturas, neblina y/o suelos saturados, que afectan el funcionamiento esperado de la maquinaria pesada en el proyecto. Estas condiciones no solo detienen las labores, sino que también deterioran los equipos y las vías de acceso, generando retrasos acumulados difíciles de recuperar. A esto se suma, la falta de coordinación entre las diferentes frentes de trabajo como el personal de topografía, los operadores y los supervisores y el deficiente control de los recursos, lo que ocasiona tiempos muertos por reasignaciones o falta de materiales en el punto de trabajo.

Asimismo, el mal uso de los equipos, por una capacitación insuficiente o por la falta de protocolos claros de operación y mantenimiento, genera pausas no planificadas y una disminución en la vida útil de la maquinaria. Factores como la logística ineficiente, el retraso en los mantenimientos, los problemas en el suministro de combustible o repuestos, y la falta de comunicación efectiva entre las áreas técnica y administrativa hacen más grave los retrasos. Estas interrupciones, aunque en algunos casos se consideren inevitables, tienen un efecto considerable que impacta de forma directa y negativa en la productividad general del proyecto. Cada hora de inactividad implica pérdida de recursos, sobrecostos y desviaciones en los cronogramas establecidos.

Cuando las máquinas no trabajan al rendimiento previsto, disminuye el volumen de material movido por jornadas, afectando el rendimiento y por lo tanto, la productividad económica de la obra. Esto genera no solo un alza en los costos operativos por combustible, horas extras del personal y alquiler de equipos por más tiempo, sino también un deterioro en la rentabilidad de la empresa contratista.

En conclusión, el problema radica en que los factores externos que afectan la maquinaria de movimiento de tierras no siempre son gestionados de manera efectiva, lo que provoca un desbalance significativo entre la productividad esperada y la productividad obtenida. Esta diferencia impacta negativamente en la planeación y el desarrollo del proyecto, afectando tanto los resultados técnicos como los financieros.

Así que se hace necesario analizar de manera organizada, el impacto de los retrasos ocasionados por factores externos en la productividad de la maquinaria de movimiento de tierras, identificando las causas más comunes, midiendo su impacto y evaluando sus consecuencias. Comprender esta relación permite brindar estrategias de mitigación que contribuyan a un mejor uso de los recursos, una mayor funcionalidad operativa y una reducción significativa de los costos relacionados con los tiempos improductivos.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo afectan los retrasos generados por diferentes factores, a la productividad en movimiento de tierras con maquinaria pesada en los proyectos de infraestructura?

2. JUSTIFICACIÓN

El análisis del impacto de los retrasos ocasionados por factores externos en la productividad de la maquinaria de movimiento de tierras es fundamental dentro del ámbito de la ingeniería civil, ya que permite comprender de manera precisa cómo las condiciones reales de una obra influyen en la eficiencia de los equipos y en el desarrollo general del proyecto. Según el “ (FILTERTEC, s.f.) Los factores que influyen en la productividad de la maquinaria pesada son, eficiencia en tiempo, factor de operación, altura. Pero no también dependen de su capacidad técnica, factores como el tipo de suelo, el clima y la planificación operativa. Por ello, estudiar y entender estas causas no solo contribuye a identificar los problemas, sino también a formular estrategias para prevenirlos y reducir su impacto.

La monografía se realiza con el propósito de optimizar la gestión de los recursos y mejorar la productividad en las obras. “El impacto de las fallas en la producción puede ser devastador para cualquier empresa que dependa de utilizar maquinaria pesada en sus operaciones diarias. Cuando una máquina falla, se detiene la línea de producción, lo que resulta en una pérdida significativa de tiempo y recursos.

Cada vez que una máquina falla, el personal de mantenimiento debe diagnosticar el problema, buscar piezas de repuesto si es necesario y realizar las reparaciones adecuadas. Sin embargo, este tiempo dedicado a la resolución de problemas podría haberse utilizado de manera más productiva en otras áreas de la empresa” (XCMG LIBRA, s.f.)

Comprender el origen de estos retrasos ayuda a los ingenieros a planificar de forma más realista, ajustando los cronogramas y minimizando los sobrecostos derivados de tiempos improductivos.

Desde el punto de vista técnico, este estudio aporta una base sólida para el mejoramiento de la productividad de la maquinaria, al permitir comparar el rendimiento teórico con el rendimiento real obtenido en campo. Este tipo de análisis es clave para diseñar programas de mantenimiento preventivo más eficientes y establecer procedimientos operativos que garanticen un desempeño óptimo. Además, conocer la magnitud de los retrasos facilita la toma de decisiones técnicas basadas en evidencia, lo que contribuye a una gestión más precisa y responsable de la maquinaria y de los recursos humanos involucrados.

Por otra parte, desde el enfoque ambiental, esta investigación cobra especial relevancia. Un uso ineficiente de la maquinaria pesada genera mayores niveles de contaminación atmosférica. “Uno de los impactos más notorios de la maquinaria pesada es la emisión de gases contaminantes, especialmente dióxido de carbono (CO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x). Estas emisiones contribuyen al cambio climático y a la contaminación del aire, afectando tanto la salud humana como la biodiversidad” (XCMG LIBRA, s.f.). También el ruido y deterioro del terreno. Al mejorar la productividad y reducir los tiempos muertos, también se logra disminuir

la huella ambiental del proyecto y el impacto asociado al consumo excesivo de combustibles fósiles. De esta forma, se promueve una construcción más sostenible y coherente con los lineamientos de protección ambiental que exige la ingeniería moderna.

Finalmente, la monografía posee un valor académico y social significativo. Desde lo académico, aporta conocimiento sobre la gestión de la maquinaria pesada y sus factores de productividad, sirviendo como referencia para futuras investigaciones. Desde lo social, una mejor planificación y control de los equipos se traduce en obras ejecutadas en menor tiempo, con menos desperdicio de recursos y con un menor impacto ambiental, beneficiando tanto a las comunidades como a las empresas constructoras. En conjunto, esta investigación busca fortalecer la eficiencia, reducir los impactos negativos y contribuir al desarrollo sostenible del sector de la construcción en Colombia.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar y evaluar los factores que generan pérdidas de tiempo en las actividades de movimiento de tierras con maquinaria pesada. Con el fin de proponer estrategias que permitan mejorar la productividad, optimizar los recursos y garantizar el cumplimiento de los cronogramas de obra.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las condiciones laborales, técnicas y de capacitación de los operadores de maquinaria pesada para determinar cómo influyen en el rendimiento y la productividad de los equipos durante las actividades de movimiento de tierras.
- Clasificar los factores que afectan la productividad de la maquinaria en categorías ambientales, operativas, técnicas y humanas, con el fin de identificar cuáles generan mayor impacto en los tiempos de ejecución del proyecto.
- Proponer medidas de mejora y estrategias de gestión orientadas a optimizar el uso de la maquinaria pesada, reducir los tiempos improductivos y aumentar la eficiencia operativa en campo.
- Examinar el estado, modelo y condiciones de los equipos disponibles en obra para verificar su adecuación técnica y capacidad operativa respecto a las exigencias del proyecto, buscando garantizar un desempeño óptimo y sostenible.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES

El proyecto “Elaboración de un plan de mantenimiento para la maquinaria” (Àvila, 2022). Encontró que el diagnóstico del estado actual de los equipos y la elaboración de un plan preventivo permitieron optimizar los tiempos de mantenimiento y disminuir los paros no programados, lo que incide directamente en la productividad.

Desde el punto de vista de la gestión, se destaca la importancia de implementar herramientas de control de productividad, como indicadores de rendimiento de maquinaria, sistemas de programación más flexibles y estrategias de mantenimiento anticipado. De igual manera, se ha enfatizado en la necesidad de mejorar las condiciones laborales de los operadores. La Ley 57 de 1962 “(Congreso de Colombia, 1926) Indica “Declárase obligatorio un día de descanso después de seis días de trabajo o cada seis días, para todo empleado u obrero de un establecimiento industrial o comercial y sus dependencias, cualquiera que sea la naturaleza del establecimiento, público o privado.

El descanso tendrá una duración mínima de veinticuatro horas, y debe ser dado el día domingo”. Ya que jornadas prolongadas y poco descanso generan fatiga, reducen el desempeño y aumentan los tiempos improductivos.

Estos antecedentes permiten comprender que el problema de los retrasos en el movimiento de tierras no es un hecho aislado, sino una situación recurrente que afecta a numerosos proyectos en el país y la región.

4.2 MARCO TEÓRICO

El movimiento de tierras es uno de los procesos más determinantes en la ejecución de proyectos de ingeniería civil, ya que establece las condiciones iniciales para el desarrollo de cimentaciones, estructuras y obras de infraestructura, pues, condiciona los tiempos, costos y la calidad final de la obra. La productividad de la maquinaria utilizada como excavadora, retroexcavadoras, cargadores frontales, motoniveladoras, tractores y volquetas, está directamente relacionada con la productividad de los procesos constructivos, el cumplimiento de cronogramas y la rentabilidad del proyecto.

4.2.1 Productividad en maquinaria de movimiento de tierras

La productividad en equipos de construcción se define como la relación entre la cantidad de trabajo ejecutado y el tiempo utilizado para su realización. En el caso de la maquinaria de movimiento de tierras, la productividad depende de factores técnicos que son la capacidad del equipo, rendimiento del motor, mantenimiento preventivo, factores humanos son la habilidad del operador, capacitación y experiencia, y factores contextuales como condiciones del suelo, clima y entorno del proyecto. Según (GSM, s.f.)“La fórmula más utilizada para calcular rendimiento es:

$$\text{Rendimiento (m}^3/\text{h)} = \text{Capacidad del implemento} \times \text{Ciclos por hora} \times \text{Factor de eficiencia}$$

Ejemplo práctico con una excavadora:

- Capacidad del balde: 1 m³
- Ciclos por hora: 120
- Factor de eficiencia: 0,8
- Resultado: 96 m³/h

En cargadores frontales o volquetas, se aplican los mismos principios, ajustando las variables según distancia de acarreo, densidad del material y tiempo de carga y descarga”. También se visualiza manuales del fabricante.

4.2.2 Retrasos en proyectos de construcción

Los retrasos son una problemática frecuente en los proyectos de movimiento de tierra. Se entienden como la desviación en el tiempo de ejecución con respecto al cronograma inicial, generando impactos negativos en costos, calidad y relaciones contractuales. Estos retrasos pueden clasificarse en:

- ❖ **Retrasos internos**, relacionados con aspectos administrativos, técnicos o de gestión de obra.
- ❖ **Retrasos externos**, asociados a factores fuera del control directo del contratista, como condiciones climáticas adversas, fallas en el suministro de materiales, restricciones legales, conflictos sociales o factores económicos y mal estado de la maquinaria en campo.

4.2.3 Factores externos que afectan la productividad

- **Condiciones climáticas:** Las fuertes lluvias, temperaturas extremas y vientos fuertes generan paradas técnicas no programadas, dificultan el acceso al campo de ejecución y reducen la visibilidad y seguridad en la operación
- **Disponibilidad de materiales y suministros:** El desabastecimiento de combustibles, lubricantes o repuestos ocasiona tiempos muertos que afectan significativamente la productividad.

- **Factores sociales y políticos:** Paros laborales, conflictos comunitarios contra las empresas contratistas por falta de cumplimientos de regalías y restricciones normativas pueden detener completamente la operación de la maquinaria.
- **Topografía y características del suelo:** Suelos inestables, rocosos o con alta humedad requieren técnicas especiales y reducen la velocidad de operación de los equipos.

4.2.4 Impacto de los retrasos en la productividad de la maquinaria

Cuando ocurren interrupciones externas, se generan periodos de inactividad en los equipos, lo que repercute directamente en la disminución de la productividad. Dichos impactos se manifiestan en:

- **Aumento de costos indirectos:** “Los costos indirectos son los gastos en que incurre una empresa que no están directamente relacionados con la elaboración de un producto o servicio” (bdc, s.f.).
- **Alargar el tiempo de uso de maquinaria:** Incrementa gastos en alquiler, combustibles, sueldos, alimentación y transporte de los operadores.
- **Disminución del rendimiento efectivo:** La relación producción/tiempo disminuye cuando existen paradas no programadas.
- **Desajuste en la programación de actividades:** Los retrasos en el movimiento de tierras afectan en cadena las siguientes etapas de la obra
- **Mayor desgaste de maquinaria:** “El desgaste es indeseable ya que puede conducir a una mayor fricción y, en última instancia, a fallos de maquinaria o pérdida de funcionalidad “ (Antala S.L., s.f.).

4.2.5 Estrategias de mitigación

Algunos estudios indican que la gestión integral de riesgos y la planificación flexible pueden reducir los efectos negativos de los factores externos. Algunas estrategias son:

- Establecer mantenimientos preventivos y correctivos previamente planificados.
- Desarrollar planes de contingencia climática y sistemas de pronóstico.
- Velar por una adecuada logística de suministros.
- Capacitar al personal en protocolos de seguridad y operación eficiente.
- Utilizar tecnologías de monitoreo y control para evaluar el rendimiento en tiempo real.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual permite describir los equipos involucrados en el estudio de la monografía

- **Excavadora Hidráulica:** “Las Excavadoras son máquinas de construcción con un brazo, una pluma y una cuchara característicos. Se utilizan principalmente para excavar la tierra, despejar matorrales y rocas y para transportar cargas pesadas. Además, los usuarios pueden cambiar la cuchara por una serie de accesorios, lo que crea toda una serie de usos adicionales” (John Deere, s.f.). Es una máquina autopropulsada, capaz de girar 360°. Se desplazan sobre neumáticos u orugas montados a una estructura portante (cabina), la cual permanece fija mientras la parte superior gira libremente permitido por la tornamesa.
- **Bulldozer:**” El bulldozer también denominado como tractor de oruga es un tipo de maquinaria pesada que se encuentra ensamblada sobre orugas. Se caracteriza por ser un equipo potente capaz de roturar sobre cualquier terreno. Esto permite que el bulldozer pueda ser usado para una gran variedad de tareas de excavación. Así mismo, puede ser empleado para remolcar cargas bastante pesadas e incluso para movilizar otras máquinas de menor tamaño. Todos estos trabajos son llevados a cabo con una poderosa pala frontal, que además se puede utilizar en la formación de montones de escombros, para extender tierras por capa o hacer la nivelación de carreteras” (Komatsu Latinoamerica, s.f.). También llamada topadora, su accesorio más importante es el desgarrador (ripper), un dispositivo grande con forma de gancho que se monta individualmente o en grupos en la parte trasera para aflojar materiales densos.
- **Motoniveladora:** “Una motoniveladora es una máquina de construcción autopropulsada que se vale de una larga cuchilla metálica ubicada en su tren delantero para, como su nombre lo indica, nivelar terrenos. En su eje

delantero tiene escarificadores, que se asemejan a un rastrillo por sus dientes, que sirve para romper terrenos duros” (Ferrovia S.E., s.f.)

- **Vibro compactador:** “Un vibro compactador o vibro apisonador es una máquina que sirve para compactar suelos ejecutados en asfalto, cemento, granular o cualquier tipo de terreno que tenga una superficie sólida. Generan numerosos impactos vibratorios que, al actuar verticalmente sobre un suelo, logran una eliminación de espacios y consiguen una compactación uniforme de sus partículas. La elevada frecuencia que tienen, el alto nivel de energía que se consigue con cada impacto y su fuerte elevación, lo convierten en una herramienta muy rápida y efectiva a la hora de conseguir una buena compactación en un suelo”. (Màquinas y Màquinas, 2020)
- **Volquetas:** También llamada camión volquete o dumper es un vehículo de carga pesada diseñado para transportar y descargar materiales sueltos como tierra, arena, grava, escombros o materiales de demolición. Está equipada con una carrocería basculante que se eleva mediante un sistema hidráulico, permitiendo vaciar su contenido por la parte trasera o lateral. Se utiliza ampliamente en obras de construcción, minería y movimiento de tierras, facilitando el transporte eficiente de materiales entre frentes de trabajo.
- **Tractores:** “Un tractor es un vehículo especial autopropulsado que se usa para arrastrar o empujar remolques, embarcaciones, aperos u otra maquinaria o cargas pesadas. Hay tractores destinados a diferentes tareas, como la agricultura, la construcción, la náutica, el movimiento de tierras o los mantenimientos de espacios verdes profesionales (tractores compactos). Se caracterizan principalmente por su buena capacidad de adherencia al terreno Es un vehículo especial autopropulsado que se usa para arrastrar o empujar remolques, embarcaciones, aperos u otra maquinaria o cargas pesadas. Hay tractores destinados a diferentes tareas, como la agricultura, la construcción, la náutica, el movimiento de tierras o los mantenimientos de espacios verdes profesionales (tractores compactos). Se caracterizan principalmente por su buena capacidad de adherencia al terreno” (Wikipedia, la enciclopedia libre., 2025).

4.4 MARCO LEGAL

NORMA	EXPIDE	DESCRIPCION
Ley 9 de 1979 - Código Sanitario Nacional	Expedida por el congreso de la República de Colombia	Regula las condiciones de salud y seguridad en los lugares de trabajo, incluyendo la operación de maquinaria pesada. Exige medidas preventivas para evitar accidentes laborales derivados del uso inadecuado o mantenimiento deficiente de los equipos.
Ley 80 de 1993 – Estatuto General de Contratación de la Administración Pública	Expedida por el congreso de la República de Colombia	Art. 25: Establece el principio de planeación, que obliga a prever los recursos, condiciones técnicas y tiempos de ejecución antes de iniciar una obra. Art. 27: Permite la modificación de los contratos bajo condiciones específicas, en casos de imprevistos como retrasos por condiciones climáticas. Art. 50: Obliga a realizar estudios previos que incluyan análisis de rendimiento y disponibilidad de equipos, garantizando la correcta ejecución del contrato.
Ley 1150 de 2007 – Reforma a la Contratación Estatal	Expedida por el congreso de la República de Colombia	Introduce principios de eficiencia, economía y transparencia en la contratación pública. Requiere estudios técnicos y financieros que contemplen los riesgos operativos, como fallas en la maquinaria o condiciones ambientales adversas.
Ley 1474 de 2011 – Estatuto Anticorrupción	Expedida por el congreso de la República de Colombia	Art. 76: Establece la obligación de reportar sobrecostos, demoras o modificaciones contractuales generadas por deficiencias en la planeación o ejecución.

NORMAS TÉCNICAS Y DE SEGURIDAD INDUSTRIAL		
Resolución 2400 de 1979 – Normas de Seguridad Industrial	Expide el Ministerio del trabajo de Colombia	Regula las condiciones de seguridad en obras civiles y el manejo de maquinaria pesada. Exige capacitación, señalización y mantenimiento preventivo para garantizar la integridad del personal y el rendimiento óptimo de los equipos.
Resolución 1409 de 2012 – Trabajo en Alturas y Riesgos Laborales	Expide el Ministerio del trabajo de Colombia	Establece medidas preventivas para trabajadores expuestos a riesgos físicos y mecánicos derivados del uso de maquinaria de gran tamaño. Refuerza la responsabilidad del empleador en garantizar condiciones seguras durante la operación.
Ley 1562 de 2012 – Sistema General de Riesgos Laborales	Expedida por el congreso de la República de Colombia	Define la obligación de identificar, evaluar y controlar los factores de riesgo asociados a la operación de maquinaria pesada. Fomenta la adopción de programas de mantenimiento y protocolos de seguridad industrial para evitar accidentes y pérdidas de tiempo en obra.
NORMAS AMBIENTALES APLICABLES		
Ley 99 de 1993 – Creación del Ministerio del Medio Ambiente	Expedida por el congreso de la República de Colombia	Regula la protección ambiental en actividades de construcción y movimiento de tierras. Exige la implementación de medidas de manejo ambiental que reduzcan la afectación de suelos, agua y aire causada por la maquinaria.
Decreto 1076 de 2015 – Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente	Expide el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia	Establece lineamientos para el control de emisiones contaminantes provenientes de equipos de combustión

		interna, como excavadoras y bulldozers.
		Obliga al cumplimiento de licencias y permisos ambientales para proyectos que impliquen excavaciones o movimientos masivos de tierra.
NORMAS SOBRE PLANEACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS		
Ley 38 de 1989, Ley 179 de 1994 y Ley 225 de 1995 – Estatuto Orgánico del Presupuesto (Decreto 111 de 1996)	Expedida por el congreso de la República de Colombia	Regulan la programación y ejecución presupuestal de los proyectos públicos. Exigen coherencia entre el presupuesto aprobado y la ejecución física, evitando retrasos financieros que afecten la productividad.
Ley 819 de 2003 – Responsabilidad y Transparencia Fiscal	Expedida por el congreso de la República de Colombia	Art. 10: Obliga a justificar técnicamente las modificaciones y adiciones contractuales derivadas de imprevistos operativos, como fallas o demoras de maquinaria.

4.5 MARCO GEOGRÁFICO

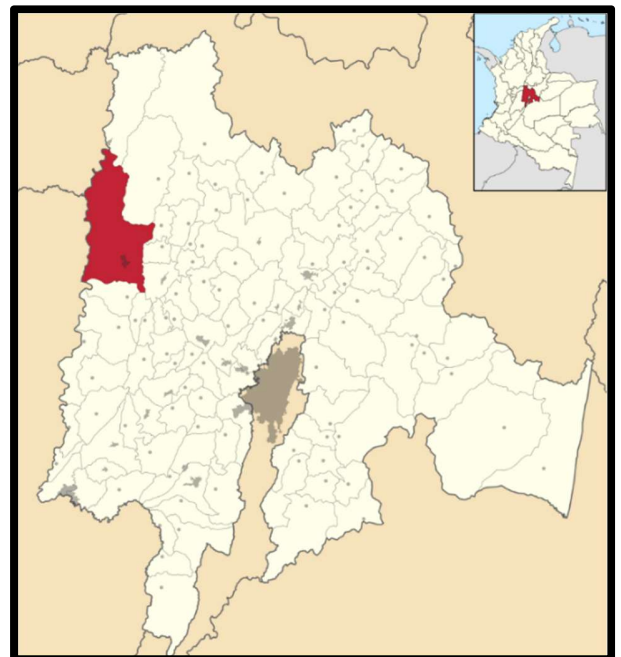
La presente monografía se desarrolla en el municipio de Guaduas, del departamento de Cundinamarca, dentro de la región del Magdalena medio. Esta zona se caracteriza por su clima cálido y su topografía variada, factores que influyen directamente en las actividades de construcción y en el rendimiento de la maquinaria pesada. En este territorio se adelanta la construcción del Parque Solar Fotovoltaico Puerta de Oro, un proyecto de gran importancia para la generación de energía limpia en el país.

El análisis se centra en este entorno debido a que las condiciones del terreno, las variaciones climáticas y la logística local pueden afectar los tiempos y la productividad de los equipos de movimiento de tierras. Además, Guaduas representa un caso típico de municipio en desarrollo, donde los recursos y la infraestructura aún presentan limitaciones, lo que permite evaluar de manera transparente cómo los factores externos impactan en el avance de obras civiles y en la eficiencia de la maquinaria.



Ubicación de Cundinamarca en Colombia

(Wikipedia, la enciclopedia libre, 2025)



(Wikipedia, la enciclopedia libre, 2025)

4.6 MARCO DEMOGRÁFICO.

Desde el punto de vista demográfico, el municipio de Guaduas, en el departamento de Cundinamarca, según proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Cuenta con una población proyectada en 37.059 habitantes para 2024, de los cuales 16.830 son mujeres (45,4 %) y 20.229 hombres (54,6 %). En esta proyección, los menores de 12 años representan un 13,7 % de la población, mientras que los adolescentes de 12 a 17 años equivalen al 7,2 % del total.

La mayoría de la población se encuentra en edad productiva (mayores de 18 años), lo que representa cerca del 79,1 % del total poblacional. Esta alta proporción implica una base potencial de mano de obra local que puede aprovecharse en proyectos de construcción, entre ellos las labores del parque solar puerta de oro.

La estructura sociodemográfica de Guaduas es un factor que incide directamente en los proyectos de movimiento de tierras. Una población predominantemente joven y activa exige mejores vías de acceso, expansión urbana controlada y servicios básicos adecuados. Estos requerimientos pueden presionar a adelantar obras de paneles solares lo cual requiere de nivelación de terreno, adecuación de suelos y drenajes, elementos esenciales del movimiento de tierras.

Al tiempo, el perfil demográfico condiciona la disponibilidad de recursos humanos locales, lo cual puede reducir tiempos muertos por logística o traslado de personal. No obstante, factores como la capacitación, el acceso a información técnica y la organización comunitaria influyen decisivamente en que esa mano de obra sea efectiva en obra.

Desde la planificación operativa, conocer la distribución por edad y sexo permite dimensionar cuántos trabajadores podrían incorporarse en tareas de obra pesada, así como estimar fluctuaciones por períodos (por ejemplo, jóvenes que estudian, adultos mayores que no participan activamente). Esta realidad demográfica debe ser considerada al elaborar cronogramas, asignaciones de maquinaria y previsión de posibles retrasos.

5 DELIMITACIÓN

La presente monografía se desarrolla en el proyecto solar Puerta de Oro, ubicado en el municipio de Guaduas, Cundinamarca, donde se analizan los impactos de los retrasos por factores externos en la productividad de la maquinaria de movimiento de tierras.

La delimitación espacial se centra en las zonas de excavación, nivelación y conformación de plataformas dentro del proyecto, donde operan equipos como retroexcavadoras, motoniveladoras, cargadores y volquetas.

En el aspecto temporal, la monografía comprende el periodo de enero a septiembre de 2025, coincidiendo con la etapa más activa de movimiento de suelos y donde se registraron variaciones significativas entre los tiempos programados y los reales.

La delimitación temática abarca los principales factores externos que afectan la productividad, tales como condiciones climáticas, estado del terreno, interrupciones logísticas y demoras en el suministro de materiales o combustible, excluyendo aspectos internos de gestión administrativa o de personal.

Finalmente, desde una delimitación metodológica, la investigación adopta un enfoque cuantitativo y descriptivo, basado en registros de campo, informes de maquinaria y datos operativos, con el propósito de establecer relaciones entre los factores externos y la eficiencia del equipo en obra.

6 DISEÑO METODOLÓGICO

La presente monografía se desarrolla con un enfoque mixto entre elementos cuantitativos y cualitativos, con un diseño de tipo descriptivo y analítico orientado hacia un alcance aplicado. Este enfoque permite no solo identificar y medir los factores externos que generan retrasos en la operación de la maquinaria pesada, sino también analizar su impacto en la productividad y proponer estrategias preventivas y correctivas que fortalezcan la gestión de los equipos en campo.

El proceso metodológico se estructura en tres etapas principales. En primer lugar, se lleva a cabo una revisión documental minuciosa, que incluye el análisis de informes técnicos de obra, bitácoras de maquinaria, cronogramas de ejecución, registros de mantenimiento y demás documentos operativos del proyecto solar Puerta de Oro. De igual forma, se consultaron fuentes secundarias como artículos académicos, guías de productividad y estudios técnicos relacionados con la gestión de maquinaria de movimiento de tierras. Esta fase permite establecer un marco teórico que sustenta la interpretación de los resultados.

En la segunda etapa, se realiza la recolección y clasificación de datos obtenidos directamente de los reportes de operación y del seguimiento diario a la maquinaria. Se ordenan variables como tiempos efectivos de trabajo, tiempos improductivos, condiciones climáticas, fallas técnicas, disponibilidad de materiales y demoras logísticas, con el fin de identificar patrones de comportamiento y establecer vínculos entre los factores externos y la productividad real de los equipos.

De manera complementaria, se llevan a cabo entrevistas flexibles a personal técnico y operativo (operadores, encargados de maquinaria, supervisores de obra y jefes de frente), con el objetivo de recoger puntos de vista cualitativos sobre las principales causas de los retrasos y las estrategias propuestas para reducirlos. Este complemento entre información cuantitativa y cualitativa permite comprender el fenómeno desde una perspectiva técnica y contextual, fortaleciendo la credibilidad del análisis.

Finalmente, los resultados obtenidos son procesados a través de métodos estadísticos descriptivos y análisis comparativos, lo que permite evaluar la magnitud de los retrasos y su impacto sobre el rendimiento operativo. Con base en esta información, se formulan recomendaciones destinadas a mejorar la planificación y gestión del uso de maquinaria pesada en obras de características similares, fomentando una mayor eficiencia en la ejecución de proyectos de construcción y movimiento de tierras.

7 RECURSOS

7.1 HUMANO

El desarrollo de la presente monografía la desarrollara un estudiante del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Piloto de Colombia, seccional del Alto Magdalena. Juan Camilo Gamboa Campos. Asumiendo las labores de investigación, impacto de los retrasos por factores externos en la productividad de maquinaria de movimiento de tierras. Investigue activamente en la revisión normativa, el estudio de casos locales y la formulación de propuestas, adjuntando mis conocimientos académicos con el compromiso ético de aportar soluciones a problemáticas reales en el proyecto solar Puerta de Oro

7.2 MATERIALES

Para la elaboración de la monografía, se utilizaron los siguientes recursos materiales:

- Equipos de cómputo personales con acceso a software especializado como, Excel y Word.
- Conectividad a internet para la consulta de fuentes académicas, normativas y bases de datos institucionales.
- Material bibliográfico complementario: artículos académicos, libros especializados en gestión de proyectos y publicaciones técnicas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

8 DESARROLLO PROPUESTA

8.1 Análisis de las condiciones laborales, técnicas y de capacitación de los operadores de maquinaria pesada y su influencia en el rendimiento y la productividad durante las actividades de movimiento de tierras.

El análisis de las condiciones laborales, técnicas y de capacitación de los operadores influye directamente en el rendimiento de los equipos durante las actividades establecidas en el movimiento de tierras.

En primer lugar, las condiciones laborales juegan un papel determinante, ya que en la jornada diaria de trabajo, el nivel de carga física y mental, el tipo de contrato, incentivos y el ambiente laboral impactan significativamente la motivación y el desempeño del operador. Un trabajador que cuenta con horarios legales, sin recargo laboral, remuneración justa y empática, así como condiciones seguras, suelen desarrollar un mayor compromiso con sus labores, lo que significa una operación más productiva y con menos riesgo de fallas o pérdidas de tiempo.

Desde la vista técnica, el rendimiento del equipo depende en gran medida de la correcta operación y del conocimiento que el operador tiene sobre las características y capacidades sobre operación de los equipos. Factores como la elección del modo de operación de trabajo, el control de la capacidad de carga, el buen uso de los implementos y accesorios, la comunicación asertiva con el personal de apoyo y las soluciones ante fallas mecánicas o imprevistos, determinan el rendimiento de la jornada. Cuando el operador no tiene suficiente conocimiento sobre los parámetros de rendimiento del equipo, aumenta el consumo de combustible de forma significativa, se acortan los intervalos de mantenimiento y disminuye la productividad general.

En cuanto a la capacitación, según (CAT, s.f.) “La Certificación de operador profesional de nivel III es el último de los tres niveles del Programa de capacitación para operadores de Caterpillar.

Este programa está diseñado para evaluar la eficiencia operativa y de aplicación (productividad) de las personas que tienen experiencia operativa en una familia de máquinas, medida en función de nuestros estándares de competencia. Los estudiantes serán evaluados en sus competencias durante el proceso de certificación. La puntuación incluye la capacidad de llevar a cabo una exhaustiva inspección alrededor, aprobar un cuestionario de seguridad con una puntuación del 100 % y una evaluación de conocimientos escrita con una puntuación mínima del 80 %”.

En conclusión, la falta de capacitación puede generar baja productividad y riesgos tanto para los equipos como para la integridad del personal y el proyecto.

En pocas palabras, el rendimiento de los equipos de movimiento de tierras no solo depende de las condiciones mecánicas del equipo, sino también de la preparación, experiencia y bienestar. Por eso, es importante que las empresas constructoras implementen programas de capacitación constante, tengan condiciones laborales apropiadas y promuevan una cultura de responsabilidad técnica.

8.2 Clasificación de los factores que afectan la productividad de la maquinaria en categorías ambientales, operativas, técnicas y humanas.

La clasificación de los factores que afectan la productividad de la maquinaria en categorías ambientales, operativas, técnicas y humanas permite comprender las causas que afectan los tiempos de ejecución de los proyectos de movimiento de tierras así como su eficiencia general en la obra.

 **Ambientales:** Relacionados con las condiciones naturales del entorno en el que se llevan a cabo las actividades. Factores como las lluvias prolongadas, la humedad del terreno, la temperatura, la topografía y el tipo de suelo, pueden afectar la capacidad de trabajo de los equipos. Por ejemplo, cuando el suelo está muy saturado, las máquinas reducen la movilidad y las operaciones deben parar, del mismo modo, las altas temperaturas afectan el rendimiento del motor y los componentes hidráulicos. Estos factores, aunque no son controlables, pueden preverse a través de una adecuada planificación como ejecutar el arreglo de las vías para que las volquetas y carros pequeños no se queden enterrados y se retrase la productividad, crear drenajes de agua provisionales para mejorar el rendimiento y el terreno esté seco en poco tiempo, con respecto al calentamiento de los motores de los equipos se puede implementar el método de lavado de radiadores de ventilación con los carro tanques de agua para así calmar y regular la temperatura del equipo evitando retrasos.

 **Operativos:** Comprenden la organización interna del proyecto, la logística para el suministro de combustible, el mantenimiento preventivo y correctivo, la disponibilidad de repuestos, la coordinación entre equipos y la gestión de los tiempos de espera. Cuando la programación de actividades es deficiente y se presenta una mala comunicación entre frentes de trabajo, se pueden provocar interrupciones y reducir considerablemente la productividad operativa, que depende, en gran medida, de la capacidad de supervisión y comunicación entre los distintos responsables de la obra.

 **Técnicos:** Se refieren al estado de la maquinaria, la antigüedad de los equipos, la potencia, el tipo de implementos utilizados y la adaptabilidad con las condiciones del terreno. Una máquina en buen estado, correctamente calibrada y con mantenimiento al día puede mantener un ritmo de trabajo constante y seguro. En cambio, los equipos con fallas recurrentes o desactualizados, tienden a generar pausas frecuentes, mayores costos de reparación y un retraso en el rendimiento.

 **Humanos:** Se relacionan con las habilidades, la experiencia y la actitud del operador. La falta de capacitación, la fatiga laboral, la desmotivación o la inadecuada comunicación entre el personal pueden ocasionar errores en la operación, uso inadecuado del combustible y daños imprevistos del equipo. En cambio, operadores bien entrenados y comprometidos contribuyen a la optimización de los tiempos y a mantener la productividad estable.

8.3 Propuesta de medidas de mejora y estrategias de gestión orientadas a optimizar el uso de la maquinaria pesada, para reducir los tiempos improductivos y aumentar la eficiencia operativa en campo.

La propuesta de medidas de mejora y estrategias de gestión orientadas a optimizar el uso de la maquinaria pesada, busca establecer un conjunto de acciones prácticas y sostenibles que aporten a la reducción de los tiempos improductivos y al aumento de la productividad operativa en la obra. Para lograrlo, es necesario integrar aspectos técnicos, administrativos y humanos que influyen directamente en el rendimiento de los equipos y en la correcta ejecución de las actividades de movimiento de tierras.

-  **Técnico:** Se propone fortalecer los programas de mantenimiento preventivo y predictivo de la maquinaria. Empezar a implementar cronogramas de revisión periódica, el control del estado de los sistemas hidráulicos, eléctricos y rendimiento del motor y sus fluidos, tener registró de cada cuanta hora se hacen los cambios de fluidos (aceites). Usar tecnologías de monitoreo Scanner de los distribuidores oficiales de las diferentes marcas de los equipos, permite anticipar fallas y evitar pausas inesperadas. De igual forma, mantener un registro detallado del rendimiento de cada máquina facilita la toma de decisiones sobre su reemplazo, alquiler o reparación.

-  **Operativo:** Es clave mejorar la planificación y programación de las actividades. Con una coordinación efectiva entre los frentes de trabajo, el abastecimiento de combustible, la asignación de tareas y la correcta selección del tipo de maquinaria según las condiciones del terreno ayudan a minimizar los tiempos muertos. Asimismo, establecer rutas internas bien definidas, zonas de cargue y descargue estratégicamente ubicadas y sistemas de control de rendimiento diario para optimizar la productividad global del proyecto.

-  **Administración y gestión:** Es necesario promover una cultura enfocada en la eficiencia, esto implica definir indicadores de productividad, realizar un seguimiento constante del cumplimiento de metas y mejorar la comunicación entre los encargados de obra, operadores y supervisores. La toma de decisiones basada en datos reales y el análisis de los tiempos improductivos ayudan a identificar las restricciones que limitan el rendimiento.

 **Humano:** Implementar programas continuos de capacitación y motivación para los operadores y el personal técnico mejora sus funciones. La formación en técnicas de operación, la seguridad industrial, mantenimiento básico y uso racional de los recursos permite la calidad en el trabajo y evitar errores que ocasionan pérdidas de tiempo. Además, brindar incentivos basados en el cumplimiento de metas, puede incrementar el compromiso y la responsabilidad en la ejecución de las tareas. En conjunto, estas medidas contribuyen a establecer una gestión integral de la maquinaria pesada, que no solo optimiza el rendimiento, también ubica a sus trabajadores como una parte fundamental del desarrollo y éxito de la obra, por eso, asegurar que se sientan valorados y seguros en su entorno laboral mejora el compromiso y favorece la sostenibilidad del proyecto, así como prolonga la vida útil de los equipos y asegura el cumplimiento de los plazos establecidos en los cronogramas de obra, generando un aprovechamiento de los recursos existentes.

8.4 Reconocimiento del estado, modelo y condiciones de los equipos disponibles en obra para verificar su adecuación técnica y capacidad operativa respecto a las exigencias del proyecto, buscando garantizar el desempeño óptimo y sostenible.

Reconocer el estado, modelo y condiciones de los equipos disponibles en obra resulta esencial para garantizar su adaptabilidad y capacidad operativa ante las exigencias del proyecto.” Las máquinas más antiguas tienden a ser menos eficientes en términos de consumo de combustible y emisiones de gases tóxicos. A medida que envejecen, también son más propensas a tener fugas y averías, lo que incrementa la posibilidad de causar mayor contaminación ambiental. Es por eso que es recomendable invertir por una maquinaria nueva si la actual ya ha cumplido con su ciclo” (XCMG LIBRA, s.f.).

- i. En primer lugar, la evaluación del estado físico y mecánico de los equipos permite identificar el nivel de desgaste, el cumplimiento de los mantenimientos preventivos y correctivos, y la funcionalidad de sistemas principales, como el motor, el tren de rodaje, el sistema hidráulico y los componentes eléctricos. Un equipo que presenta deficiencias en alguno de estos aspectos genera tiempos improductivos, mayor consumo de combustible y riesgo de fallas durante la operación, lo que impacta negativamente la continuidad del proyecto.
- ii. La antigüedad de la maquinaria es determinante en la eficiencia del trabajo. Los equipos nuevos incorporan tecnologías que aumentan el rendimiento, reducen las emisiones y facilitan el monitoreo del desempeño mediante la digitalización. En cambio, las máquinas antiguas, aunque cumplan funciones básicas, suelen tener menor capacidad de producción, mayor probabilidad de fallas y un impacto ambiental negativo. Es por eso que la selección del modelo debe ajustarse a las características del terreno, la magnitud de las excavaciones y los requerimientos técnicos del proyecto.
- iii. En cuanto a la adaptabilidad y capacidad operativa, es fundamental que la maquinaria asignada corresponda con el tipo de material a trabajar, las distancias de transporte, la topografía y las condiciones climáticas de la zona. Por ejemplo, operar con retroexcavadoras de menor tamaño en suelos duros o con alta humedad puede generar sobreesfuerzos y pérdida de rendimiento, mientras que equipos muy grandes pueden implicar un gasto innecesario de combustible y costos operativos más altos.
- iv. Finalmente, la verificación del estado y las condiciones de los equipos debe integrarse dentro de un plan de gestión de maquinaria, que cuente con registros técnicos actualizados, controles de mantenimiento, inspecciones diarias y seguimiento de indicadores de rendimiento. Esto no solo asegura

un buen desempeño, también influye positivamente en la sostenibilidad del proyecto al prolongar la vida útil de los equipos, reducir los costos de reparación y minimizar el impacto ambiental negativo.

En conclusión, examinar de manera puntual el estado, modelo y condiciones de la maquinaria disponible permite garantizar que cada equipo opere dentro de los parámetros técnicos y responda correctamente a las exigencias del proyecto. Esta práctica fortalece la seguridad en la obra y se convierte en una gestión responsable de los recursos en las actividades de movimiento de tierras.

9 CONCLUSIONES

- ❖ Los retrasos en la operación de la maquinaria de movimiento de tierras obedecen a fallas operativas o de programación; sino a factores externos estructurales que inciden directamente en la productividad. Entre ellos se destacan las condiciones climáticas variables, la topografía irregular de los terrenos y las limitaciones logísticas de la zona o área donde se desarrolle el respectivo proyecto, dificultando la continuidad de las actividades.
- ❖ Se evidencia que la planificación técnica previa no considera con suficiente detalle los escenarios de riesgo asociados a la temporada invernal ni las dificultades de acceso al área de trabajo. Esto genera interrupciones frecuentes en los frentes de excavación y transporte de materiales, afectando el rendimiento diario de la maquinaria pesada.
- ❖ La productividad real de los equipos retroexcavadoras, motoniveladoras, volquetas y cargadores se ve reducida principalmente por tiempos improductivos derivados de factores externos, más que por fallas mecánicas o deficiencias humanas. Estos retrasos representan pérdidas acumuladas de horas efectivas de trabajo que impactan el cumplimiento del cronograma general del proyecto.
- ❖ Las condiciones meteorológicas adversas son un factor externo más determinante. Las lluvias intensas ocasionan inestabilidad en el terreno, dificultades de tránsito interno y suspensión de labores, lo que evidencia la necesidad de incorporar pronósticos climáticos y planes de contingencia dentro de la programación operativa.
- ❖ Se identifica una falta de articulación entre las áreas de planificación, supervisión y operación, lo que dificulta la toma de decisiones correctivas oportunas frente a los retrasos. Una comunicación más fluida entre estos actores permitió reprogramar actividades y optimizar el uso del equipo disponible.
- ❖ El análisis de la información de campo permite establecer que una gestión más técnica del mantenimiento preventivo y la logística de abastecimiento tales como (combustible, repuestos y transporte interno) puede reducir significativamente los efectos de los factores externos sobre la productividad, aumentando la disponibilidad mecánica de los equipos.
- ❖ Las actividades de campo donde se recolectó información de fuente primaria para esta monografía, confirman que el monitoreo constante del rendimiento de

maquinaria mediante registros diarios y controles de tiempos es una herramienta eficaz para detectar ineficiencias y tomar decisiones de mejora en tiempo real. Este tipo de control permite anticipar pérdidas de rendimiento y ajustar estrategias operativas de manera más precisa.

- ❖ La monografía evidencia la necesidad de fortalecer la planeación integral y la gestión de riesgos externos en obras de movimiento de tierras. Donde se deben hacer análisis climáticos, estudios geotécnicos actualizados y logística preventiva la cual contribuirá a reducir retrasos, optimizar recursos y garantizar una mayor eficiencia en proyectos de infraestructura.

10 RECOMENDACIONES

- ❖ Fortalecer el proceso de planeación operativa a través de estudios técnicos anteriores más detallados, que incluyan diagnósticos del terreno, análisis de accesos, evaluación de condiciones climáticas y definición de rutas logísticas seguras. Esto permitirá anticipar los posibles factores externos desfavorables para la operación de la maquinaria pesada.
- ❖ Se recomienda incorporar sistemas de programación que contengan escenarios alternativos ante condiciones meteorológicas imprevistas. establecer planes de contingencia climática con actividades de respaldo que eviten la inactividad de los equipos durante periodos de lluvia o limitaciones de acceso.
- ❖ Optimizar la gestión de la maquinaria pesada mediante un control técnico detallado de mantenimientos preventivos, abastecimiento de combustible y disponibilidad de repuestos. Así como la creación de un plan de mantenimiento ordenado que reducirá tiempos improductivos y aumentará la vida útil de los equipos.
- ❖ Se sugiere implementar reuniones técnicas semanales y reportes de desempeño con estándares que permitan una toma de decisiones ágil y fundamentada en la información real de la obra, mejorando la comunicación y coordinación entre las áreas de planificación, supervisión y operación del proyecto.
- ❖ Se presenta necesario capacitar al personal técnico y operativo en temas de productividad de maquinaria, análisis de rendimiento, gestión de riesgos y registro de tiempos, pues una formación continua garantiza una mayor conciencia sobre la incidencia de los factores externos y promueve prácticas eficientes.
- ❖ Se evidencia que aplicar herramientas de seguimiento y control de productividad, como hojas de rendimiento diario, indicadores de disponibilidad y eficiencia, y análisis comparativo entre tiempos programados y reales, facilitan la identificación temprana de desviaciones y la implementación de medidas correctivas oportunas.
- ❖ Incluir estipulaciones legales claras que incluyan retrasos por condiciones climáticas o geográficas desfavorables. De esta forma, se brinda flexibilidad en la programación sin afectar la transparencia ni el cumplimiento técnico del proyecto.
- ❖ Promover la aplicación de tecnologías de monitoreo en tiempo real, como sistemas GPS, sensores de rendimiento o software de control de maquinaria, que permitan registrar datos precisos sobre tiempos de operación, consumo de combustible y productividad. Estas herramientas fortalecen la eficiencia del control operativo.
- ❖ Finalmente, se recomienda documentar y sistematizar las lecciones aprendidas durante la ejecución del proyecto solar Puerta de Oro, con el fin de generar conocimiento aplicable a futuros proyectos de infraestructura en

la región. Esta práctica facilitará la mejora continua y la optimización de los procesos de construcción en contextos similares.

11 REFERENCIAS

Referencias

- Antala S.L. (s.f.). *Antala Industria*. Obtenido de <https://www.antala.es/que-es-desgaste-maquinaria/>
- Àvila, F. R. (Abril de 2022). *Universidad de Americà*. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/e5aa6541-9ac0-403b-876c-338ce67fac4f/content>
- bdc. (s.f.). *¿Que son los costos indirectos?* Obtenido de BDC: <https://www.bdc.ca/en/articles-tools/entrepreneur-toolkit/templates-business-guides/glossary/indirect-costs>
- CAT. (s.f.). *CAT.COM*. Obtenido de https://www.cat.com/es_MX/support/cat-training/Heavy-Equipment-Operator-Training.html#tabs-efc9a35f9b-item-13676b0ddd-tab
- Congreso de Colombia. (11 de 11 de 1926). *Funcion Publica* . Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=13028>
- Ferrovial S.E. (s.f.). *Ferrovial*. Obtenido de <https://www.ferrovial.com/es/stem/motoniveladora/>
- FILTERTEC. (s.f.). *FILTERTEC*. Obtenido de <https://filtertec.mx/blog/2024/12/02/factores/>
- GSM. (s.f.). *GSM Internacional*. Obtenido de <https://gsminternacional.com/blog/como-calcular-el-rendimiento-de-maquinaria-pesada/>
- John Deere. (s.f.). *John Deere* . Obtenido de <https://www.deere.com/latin-america/es/construcci%C3%B3n/publicaciones-y-art%C3%ADculos/todo-sobre-excavadoras/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20excavadora?,Abordaremos%20los%20accesorios%20m%C3%A1s%20adelante>.
- Komatsu Latinoamerica. (s.f.). *Komatsu Latinoamerica*. Obtenido de <https://www.komatsulatinamerica.com/colombia/bulldozer-para-que-se-utilizan/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20Bulldozer%20o,nivelaci%C3%B3n%20y%20recebo%20de%20carreteras>.
- Màquinas y Màquinas. (28 de 12 de 2020). Obtenido de <https://maquinas-maquinas.com/que-es-un-vibrocompactador/>

Wikipedia, la enciclopedia libre. (1 de Abril de 2025). *Wikipedia, la enciclopedia libre*.
Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Cundinamarca>

Wikipedia, la enciclopedia libre. (8 de Marzo de 2025). *Wikipedia, la enciclopedia libre*.
Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Guaduas>

Wikipedia, la enciclopedia libre. (23 de Octubre de 2025). *Wikipedia, la enciclopedia libre*.
Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Tractor>

XCMG LIBRA. (s.f.). *LIBRAINTERNACIONAL*. Obtenido de
<https://librainternational.com.pe/blog-detail/que-consecuencias-traen-las-fallas-en-maquinaria-pesada-54?srsltid=AfmBOoqbC3Vm0MGjgpBgJPXukNWbIZQNAb8zQd4KX3PHbZxIcsS9ABtJ>

XCMG LIBRA. (s.f.). *LIBRAINTERNACIONAL*. Obtenido de
https://librainternational.com.pe/blog-detail/impacto-ambiental-de-la-maquinaria-pesada-y-como-reducirlo-97?srsltid=AfmBOopfpu7a_BP2S3dAvjvhoppSLkvkyD4Zmwt9ty5SA-c0oPVRQhm