

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Ingeniería de valor en la implementación de equipos telemétricos en equipo y maquinaria utilizada en proyectos de infraestructura**

Trabajo de graduación presentado por Kevin Nicolas Rodríguez Cerón para optar al grado académico de Ingeniería Civil Arquitectónica

Guatemala,

2024









**Ingeniería de valor en la implementación de equipos telemétricos en equipo y maquinaria utilizada en proyectos de infraestructura**





UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Ingeniería de valor en la implementación de equipos telemétricos en equipo y maquinaria utilizada en proyectos de infraestructura**

Trabajo de graduación presentado por Kevin Nicolas Rodríguez Cerón para optar al grado académico de Ingeniería Civil Arquitectónica

Guatemala,

2024



**Vo.Bo.:**

(f)   
Ing. Otoniel Alejandro Echeverría Castellanos

**Tribunal Examinador:**

(f)   
Ing. Otoniel Alejandro Echeverría Castellanos

(f)   
Ing. Jonathan Alejandro Mansilla Gaitán

(f)   
Ing. Mardoqueo Velásquez Gómez

**- Fecha de aprobación: Guatemala, 18 de junio de 2024.**

---

## Prefacio

---

En el dinámico mundo de la ingeniería y la construcción, la optimización de recursos y la mejora continua son imperativos que no pueden pasarse por alto. Durante años, he tenido el privilegio de trabajar en el campo de la maquinaria utilizada en proyectos de infraestructura, donde he sido testigo de primera mano de los desafíos inherentes al manejo y control de las flotas de construcción. Este trabajo ha sido, en muchos sentidos, la inspiración detrás de esta investigación. La presente tesis, titulada "Ingeniería de valor en la implementación de equipos telemétricos en equipo y maquinaria utilizada en proyectos de infraestructura", surge de la necesidad apremiante de abordar el descontrol que a menudo caracteriza la gestión de flotas en el sector de la construcción. Específicamente, se centra en el caso de estudio de un tren de colocación de asfalto, una pieza vital en la ejecución de proyectos viales, donde la implementación de sensores telemétricos se presenta como una solución prometedora.

El objetivo principal de esta investigación es evaluar el impacto de la integración de sensores telemétricos en el rendimiento y la gestión de la flota de colocación de asfalto. Se busca determinar cuantitativamente cómo esta tecnología puede mejorar la eficiencia operativa y, en última instancia, el rendimiento general del proceso de colocación de asfalto. Además, se llevará a cabo un análisis costo-beneficio exhaustivo para evaluar la viabilidad económica de la inversión en estos sensores, considerando tanto los costos iniciales como los beneficios a largo plazo. Una de las contribuciones más significativas de este estudio radica en la integración de la ingeniería de valor en el proceso de implementación de los sensores telemétricos. La ingeniería de valor ofrece un marco estructurado para identificar y eliminar desperdicios, optimizar procesos y maximizar el valor entregado al cliente. Al aplicar este enfoque a la implementación de los sensores telemétricos, buscamos no solo mejorar la eficiencia operativa, sino también agregar valor tangible a todo el proceso de colocación de asfalto.

Esta investigación no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de diversas personas e instituciones. Agradezco profundamente a la Universidad del Valle de Guatemala, en especial al Departamento de Ingeniería Civil por su invaluable contribución y orientación a lo largo de este proyecto. Por otro lado, agradezco a Dios por permitirme llevar a cabo con éxito esta investigación y iluminarme en los momentos más difíciles. Y finalmente, en este camino hacia la culminación de mi tesis, no puedo dejar de expresar mi profunda gratitud a quienes han sido mi sostén incondicional a lo largo de este viaje.

En primer lugar, quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi madre, Leticia de Rodríguez, y a mi padre, Marco Rodríguez. Su constante apoyo, aliento y sacrificio han sido la fuerza motriz detrás de mi educación y mi desarrollo profesional. Su ejemplo de dedicación y determinación ha sido una inspiración constante en mi vida. A mi hermano mayor, Danilo Rodríguez, le agradezco por su orientación y consejo en momentos de duda y por ser un modelo a seguir en la búsqueda incansable de la excelencia. A mi hermano menor, Marco Rodríguez, le agradezco por su inquebrantable optimismo y por ser siempre un faro de luz en los momentos más oscuros. A mi pareja, María Duarte, quiero agradecerle por su amor incondicional, su comprensión y su paciencia infinita durante este arduo proceso. Tu apoyo constante ha sido mi mayor fortaleza y tu presencia ha hecho que cada desafío sea más fácil de superar.

A todos ustedes, gracias por estar a mi lado en cada paso del camino, por creer en mí y por alentarme a perseguir mis sueños con pasión y determinación. Este logro no sería posible sin su amor y apoyo incondicional.

En resumen, esta tesis se propone no solo abordar un problema específico en la gestión de flotas de construcción, sino también explorar nuevas fronteras en la aplicación de tecnologías emergentes y enfoques innovadores. Espero que este trabajo contribuya de manera significativa al cuerpo de conocimientos en el campo de la ingeniería de construcción y sirva como punto de partida para futuras investigaciones en esta área fascinante y en constante evolución.

---

## Índice

---

<b>Prefacio</b> .....	X
<b>Lista de figuras</b> .....	X
<b>Lista de tablas</b> .....	X
<b>Resumen</b> .....	X
<b>Abstract</b> .....	XII
<b>I. Introducción</b> .....	1
<b>II. Antecedentes</b> .....	4
<b>III. Justificación</b> .....	6
<b>IV. Objetivos</b> .....	8
<b>4.1 Objetivo general</b> .....	8
<b>4.2 Objetivo específico</b> .....	8
<b>V. Objeto de estudio</b> .....	10
<b>VI. Alcance</b> .....	12
<b>6.1 Teórico</b> .....	12
<b>6.2 Metodología y aplicaciones</b> .....	12
<b>6.3 Práctico</b> .....	13
<b>6.4 Propuesta de solución</b> .....	13
<b>VII. Marco teórico</b> .....	15
<b>7.1. Jerarquía en una obra de infraestructura vial</b> .....	15
<b>7.2. Seguridad industrial</b> .....	16
<b>7.3. Autoridades involucradas</b> .....	16
<b>7.4. Almacenamiento y control de equipo</b> .....	17
<b>7.5. Flota para colocación de asfalto</b> .....	18
<b>7.6. Equipo de transporte</b> .....	21
<b>7.7. Equipo de levantado</b> .....	21

7.8.	Equipo de compactación de asfalto.....	22
7.9.	Carpetas asfálticas .....	23
7.10.	Proceso de colocación.....	24
7.11.	Seguridad y manejo de tráfico vehicular .....	27
7.12.	Puntos de dolor en una constructora.....	27
7.13.	Telemetría .....	30
7.14.	Programas existentes de control .....	31
VIII.	Marco legal .....	33
IX.	Metodología .....	34
9.1.	Configuración de la plataforma.....	35
9.2.	Cálculo teórico de eficiencia de equipos teórico .....	36
9.3.	Tablas de valores utilizados en el proceso de cálculo.....	37
9.4.	Tabla de descripción de variables.....	39
9.5.	Formulario para cálculo de rendimiento de la maquinaria .....	40
9.6.	Cálculos de rendimiento de maquinaria para asfalto según los reportes por los sensores telemétricos .....	42
9.7.	Análisis costo beneficio del equipo con dispositivos telemétricos .....	84
9.8.	Análisis del flujo de efectivo de los gastos incurridos sin el control telemétrico en la flota de colocación de asfalto.....	86
9.9.	Rendimiento final de los equipos del tren de colocación de asfalto .....	88
X.	Análisis y discusión de resultados .....	96
10.1.	Discusión de los sensores telemétricos y su influencia en los procesos de colocación de asfalto para el control y gestión del equipo de colocación.....	96
XI.	Conclusiones .....	98
XII.	Recomendaciones .....	100
XIII.	Referencias.....	102
XIV.	Anexos .....	111
XV.	Glosario.....	135



---

## Lista de figuras

---

1. Figura No. #1. “Equipos de colocación de asfalto” .....	19
2. Figura No. #2. “Equipos de colocación de asfalto” .....	19
3. Figura No. #3. “Equipos de colocación de asfalto” .....	20
4. Figura No. #4. “Equipos de colocación de asfalto” .....	20
5. Figura No. #5. “Equipos de colocación de asfalto” .....	21
6. Figura No. #6. “Equipos de compactación de asfalto” .....	22
7. Figura No. #7. “Equipos de compactación de asfalto” .....	22
8. Figura No. #8. “Camión de volteo para transporte de mezcla ya estabilizada” .....	25
9. Figura No. #9: Enfoque modificado de la evaluación del desempeño de los proyectos en base a las abscisas de las curvas tiempo vs. costo presupuestado del trabajo programado (BCWS) y tiempo vs. costo presupuestado del trabajo ejecutado (BCWP)” .....	28

---

## Lista de tablas

---

<b>1. Tablas de valores utilizados en el proceso de cálculo</b>	
<b>1.1</b> Tabla No. 1 “Velocidad aproximada de operación” .....	37
<b>1.2</b> Tabla No. 2 “Factores de eficiencia de trabajo” .....	37
<b>1.3</b> Tabla No. 3 “Ancho efectivo de compactación” .....	37
<b>1.4</b> Tabla No. 4 “Número de pasadas sobre rodadura según maquinaria” .....	38
<b>1.5</b> Tabla No. 5 “Factor de altura sobre rendimiento de maquinaria” .....	38
<b>1.6</b> Tabla No. 6 “Factores de conversión volumétrica en material agregado” .....	38
<b>2. Tabla de descripción de variables</b>	
Tabla de descripción de variables de los cálculos realizados, 2023 .....	39

---

## Resumen

---

La telemetría es una metodología de transferencia, control y almacenamiento de información a distancia dependiendo del ámbito en el cual se esté trabajando, por lo que es importante establecer los objetivos o métricas clave para dirigir la tecnología hacia los datos más relevantes, de tal forma que se eficiente un proceso. En la construcción en particular, existe la necesidad de llevar control sobre parámetros como combustible, horas de trabajo y alcances que se tienen a lo largo de un proyecto ya que existen contratos de entrega o reglamentaciones tales como normas y licencias que son necesarias para estar en fase de ejecución.

Por lo tanto, se utilizarán equipos telemétricos recopilen información por parte de maquinaria pesada, operadores y gerentes de obra que vayan a estar durante la ejecución del proyecto “CPE 20, Fraijanes – San Pedro Sacatepéquez” el cual consiste en la colocación y compactación de asfalto, para que esta información se almacene y sea posible analizarse. Por consiguiente, la recopilación y análisis de la información se diseña y determina una metodología para desarrollar de la forma más eficiente posible sobre el manejo y colocación del equipo pesado para no generar pérdidas en combustible, horas de operación, movilización del equipo y el factor tiempo el cuál es el más importante ya que se debe respetar los horarios de operación y entrega del proyecto. Finalmente, se concluye con las recomendaciones y estrategias orientadas al control y ejecución con los mejores equipos para el monitoreo y recopilación de información en una obra de construcción.



---

## Abstract

---

Telemetry is a methodology for transferring, controlling and storing information remotely depending on the field in which you are working, so it is important to establish the objectives or key metrics to direct the technology to the most relevant data, in order to make a process more efficient. In construction in particular, there is a need to keep track of parameters such as fuel, working hours and scopes throughout a project because there are delivery contracts or regulations such as standards and licenses that are necessary to be in the execution phase.

Therefore, telemetric equipment will be used to collect information from heavy machinery, operators and site managers who will be during the execution of the project "CPE 20, Fraijanes - San Pedro Sacatepéquez" which consists of the placement and compaction of asphalt, so that this information is stored and can be analyzed. Consequently, the compilation and analysis of the information is designed and a methodology is determined to develop the most efficient way possible for the handling and placement of the heavy equipment so as not to generate losses in fuel, hours of operation, mobilization of the equipment and the time factor, which is the most important factor since the operation and delivery schedules of the project must be respected. Finally, we conclude with recommendations and strategies oriented to the control and execution with the best equipment for monitoring and information gathering in a construction site.



## **Introducción**

---

Desde sus orígenes la telemetría ha jugado un papel importante en la observación y el estudio de diversos fenómenos, debido a la facilidad de recopilar datos que deben ser analizados con la finalidad de aumentar la eficiencia en cualquier ámbito que corresponda la utilización de estos equipos. Cabe mencionar, ventajas como la resistencia de un sistema de telemetría en ambientes hostiles para una persona y la comodidad de realizar mediciones desde un punto remoto, así como visualizar puntos de pérdida en donde el factor humano toca métricas importantes.

La necesidad de medir en todo momento los procesos que conlleven un gasto o generen una ganancia es un paso previo a la gestión de información para la toma de decisiones. La medición llevada a cabo con buen criterio proporcionará información de valor para el aumento de la eficiencia en una empresa de construcción; en la construcción se encuentran métricas como mano de obra, utilización de equipo o maquinaria, cantidad de material utilizado, entre otras magnitudes tienen un papel importante para controlar inventarios, gestión de personal, mantenimiento y seguridad del equipo como del personal y así incrementar los niveles de producción, mejoras en metodologías de gestión, adaptarse a las situaciones que se presenten y prevenir posibles pérdidas que existen. Por lo tanto, la necesidad de medir, analizar y estimar ha permitido la creación y utilización de diferentes sensores telemétricos para diferentes índices dentro del campo de la construcción.

En los últimos años la telemetría se ha visto beneficiada por la gran cantidad de avances tecnológicos en los diversos componentes que están involucrados en el desarrollo de un sistema de telemetría, la gran cantidad de transductores que existen en la actualidad, la diversidad de componentes para el procesamiento de la información, la confiabilidad de los protocolos de comunicación y la durabilidad de los nuevos materiales ayudan a incrementar la versatilidad de un sistema de telemetría de tal forma que sustentan y contribuyen a la toma de decisiones de una empresa, en este caso una empresa de construcción.

Gracias a todos los factores que evidencian pérdidas en una empresa de construcción se determina la necesidad de analizar mediante equipos telemétricos todas aquellas métricas que son factores de pérdida y deben ser mejorados si se lleva un mejor control sobre el manejo de los recursos como materiales o combustible. Siendo así, que conjunto a una empresa se brindarán ocho conjuntos de dispositivos telemétricos para estudiar y determinar la forma más eficiente de utilizar estos equipos y como la teledetección de estos factores de pérdida para mejorar tanto los procesos constructivos como los beneficios económicos en una empresa de construcción.



### Antecedentes

---

El doctor ingeniero de caminos, canales y puertos Yepes V. (2015) responde en su blog las interrogantes: ¿Qué hace una máquina desde que llega a una obra? ¿Por qué se pierde dinero en una obra cuando las máquinas se encuentran paradas? Resulta evidente que es totalmente engañoso intentar hacer un presupuesto de una obra con datos erróneos en relación con la producción de los equipos, el uso del tiempo de la máquina, la organización de la obra, etc. Existen técnicos sin mucha experiencia que piensan que los datos de producción o incluso los costes horarios de las máquinas son datos que alguien nos tiene que dar y que se pueden buscar en folletos e incluso por internet.

Gamarro U. (2022) indica en el periódico la “Prensa Libre” de Guatemala que El gobierno ha gastado Q3,181 millones en subsidios por las alzas de precios de los carburantes y la cuenta sigue subiendo. Las subvenciones a las gasolinas, diésel, gas propano y energía eléctrica representaron erogaciones multimillonarias en menos de un año y aún está vigente una de ellas. Por otro lado, estos recursos, más una ampliación que aprobó el Legislativo para el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV) por Q3 mil 195 millones para financiar la Ley de Infraestructura Estratégica, explican que el presupuesto público pasara de Q106 mil millones a Q112 mil 518 millones de los cuales, Q6 mil 500 millones se cubrieron con saldos de caja dinero no ejecutado el año pasado.

De acuerdo con la más reciente denuncia de robo del National Insurance Crime Bureau, el robo en los EE.UU. aumentó en un 5 por ciento en comparación con el 2012. Los cinco principales Estados (Texas, Carolina del Norte, Florida, California y Carolina del Sur) representaron el 41 por ciento de los robos. Esto corresponde en parte al volumen de las máquinas en estos estados debido a las actividades de construcción y agricultura. Los cargadores y tractores fueron, por mucho, el tipo común de maquinaria sustraída, en parte debido a su valor y su movilidad. Excavadoras y montacargas fueron el siguiente tipo común de maquinaria sustraída. El costo por el robo de maquinaria pesada puede ser difícil de evaluar. Según el informe, las estimaciones anuales varían entre \$ 300 millones a \$ 1 mil millones. Estas no incluyen las pérdidas por interrupción del negocio

incluyendo los costos de alquiler a corto plazo, las sanciones relacionadas al proyecto, y la pérdida de la fuerza de trabajo y del tiempo de gestión. Para colmo de males, la tasa de recuperación de la maquinaria robada es relativamente baja con sólo cerca del 20 por ciento (Kuiak M., 2015).

Uno de los problemas más frecuentes en la ejecución de los proyectos de construcción a nivel mundial son los retrasos en su terminación (Al-Karashi y Skitmore, *Construction Management and Economics*, 2009); las repercusiones que estos atrasos generan son diversas. El cliente pospone el inicio de sus ingresos y aumenta su costo financiero por no poner en operación el proyecto en la fecha planeada; además puede enfrentar diversos problemas derivados de los compromisos que asume, considerando una fecha contratada de entrega de la construcción (Marzouk et al., *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 2008).

Para los constructores, la prolongación del proyecto genera sobrecostos. Lo anterior ocurre por tener que pagar tiempo adicional al personal de campo y oficina, por el escalamiento en el costo de los materiales, por requerir financiamiento durante un mayor tiempo y por posibles penas contractuales debido al retraso, entre otras causas (Singh, Working Paper No. 181, Department of Economics, University of Delhi, 2009).

Por otra parte, el incumplimiento en la conclusión a tiempo de un proyecto daña la reputación de una empresa constructora, restándole posibilidades de adquirir nuevos contratos. De igual forma, el atraso en la terminación de un proyecto puede impactar en la calidad en la ejecución del proyecto, ya que cuando ocurre un atraso los constructores dedican menos tiempo a la supervisión de la calidad y, principalmente, concentran sus esfuerzos en acelerar el ritmo de trabajo. Por lo general, se presiona al personal para que aumente su productividad o trabaje tiempos extras, lo cual suele provocar un incremento de errores en el trabajo (Woodward, *Construction Project Management: Getting it Right First Time*, 1997).

### Justificación

---

Una obra pública es toda aquella infraestructura que el Estado promueve y construye para el uso común de la ciudadanía. Dicha infraestructura comprende edificios, estructuras, terrenos, carreteras, puentes, excavaciones, entre otros (Breno, 2021). En Guatemala toda obra pública se caracteriza por la mala gestión sobre la ejecución, administración precaria, mala comunicación (mal manejo del proceso constructivo de una obra civil) debido a distintos factores, tales como la corrupción, falta de profesionales capacitados, entre otros. Contantemente, los precios del combustible, recursos, mano de obra y maquinaria pesada van en aumento, siendo un proceso que en lugar de ser de provecho se convierte en un ciclo de pérdidas económicas para el país como para los constructores. Por ende, se encontró la necesidad de una solución ante la gestión deficiente de los proyectos, en donde la falta de recursos los obliga a recurrir a subcontratar mini empresas que sin experiencia y equipo realicen proyectos que solo las multinacionales pueden realizar como escuelas, carreteras o edificaciones de gran tamaño. El estado de Guatemala ha tomado en cuenta que para poder licitar proyectos es necesario cumplir con ciertos tipos de requisitos que promueven el desarrollo económico como de infraestructura del país, dando lugar al decreto número 57-92 “Ley de contrataciones del Estado”.

La Revolución Digital (también conocida como la Tercera Revolución Industrial) es el cambio de la tecnología electrónica mecánica y analógica a la electrónica digital que comenzó en la última mitad del siglo XX. Con el paso del tiempo la tecnología vino a innovar muchos procesos, equipos y sobre todo la capacidad de realizar distintas disciplinas, revisiones o gestiones a lo largo de una obra para garantizar la calidad y cumplimiento del contrato. Por lo tanto, la construcción se ha innovado en los equipos más no en el manejo de información que puede servir para impulsar o innovar las formas de gestión sobre la construcción de una obra civil. Por consiguiente, la telemetría es una solución tecnológica digital a la gestión, ya que tiene la posibilidad de registrar y monitorear tanto los equipos como el personal necesario que se encuentre dentro de una obra sin perder horas productivas en hacer la contabilización de los resultados alcanzados, comparación con resultados anteriores y visualizar los resultados requeridos a lo largo del plan de trabajo para “cumplir con el cronograma asignado” de tal forma que protege y reduce el tiempo de ejecución de una obra.

Asimismo, la telemetría es una herramienta que impulsa los proyectos de construcción innovando en los procesos constructivos. Se trata de un sistema avanzado que registra datos a distancia y los transfiere a un sistema informático situado en un lugar completamente distinto. Así,

se garantiza que los sensores situados en un punto pueden medir métricas claves en una construcción. Esos datos se envían al sistema informático, donde se deben analizar dependiendo de la maquinaria, material o personal que se requiera para desarrollar una metodología que garantice resultados eficientes. Uno de los factores más importantes respecto a la telemetría es la seguridad tanto del empresario como del personal y maquinaria que hacen que la obra se haga realidad, por lo que al generar información de calidad podemos estimar situaciones de riesgo, protección para los equipos de trabajo y mantener una estrecha relación entre mantenimiento y operación de tal forma que no existan pérdidas en el proceso constructivo.

Finalmente, en Guatemala existen empresas que brindan equipos telemétricos que pueden extraer información relevante en las métricas clave en una obra pública como consumo de combustible en activos, horas productivas por operadores y pilotos, contabilización de recursos, colocación de materiales, tiempo promedio de colocación o transporte; siendo esta información verídica y de interés para comparar las mejoras sobre el aumento de la eficiencia en los procesos de elaboración de una carretera de pavimento flexible.

## Objetivos

---

### 4.1 Objetivo general

Determinar la importancia de la implementación de equipos telemétricos especificando los alcances y límites que se pueden generar en las obras de construcción.

### 4.2 Objetivo específico

- Identificar los equipos telemétricos que serán instalados en la maquinaria.
- Investigar los datos más relevantes que se pueden recopilar en una construcción.
- Evaluar la eficiencia del programa que brinda las métricas de los datos propiciados por los sensores en el equipo.
- Realizar un manual respecto a los rendimientos que debería tener la maquinaria en operación.
- Analizar el costo beneficio de la implementación de dispositivos telemétricos y el aumento de la eficiencia en las obras que se ejecuten.



### **Objeto de estudio**

---

Rendimiento de la flota de colocación de asfalto, tomando en cuenta los camiones de volteo que cuentan con los sensores telemétricos de combustible marca “SCORT TD-Ble” y de computador “FMC130” marca TELTONIKA Telematics, siendo los sensores de batería y GPS, tanto para los equipos de asfalto como los equipos de transporte pesado, tales como la pavimentadora Road-tec, la neumática AMMAN, el Rodo Tandém AMMAN, el minicargador con aditamento de escoba CASE y los camiones de volteo. Con la finalidad de eficientizar el proceso de colocación de asfalto.



### 6.1 Teórico

Las máquinas son operadas por individuos que cumplen con una función durante el proceso de colocación en donde cada individuo debe de realizarlo en el menor tiempo posible y que tenga un acabado de calidad. Estos equipos sirven para desarrollar distintas disciplinas en la supervisión, verificando gastos y direccionando de mejor forma la operación de cada máquina extendiendo al máximo la capacidad de cada equipo. Por otro lado también, dentro del análisis es posible establecer periodos de mantenimiento y llevar un control profundo de la utilización de cada equipo, además de verificar si estén realizando las tareas diarias que son necesarias previamente asignadas, Esta tecnología busca tener un sistema que incremente la calidad, seguridad, eficacia y eficiencia del servicio de las máquinas como de los resultados.

Este trabajo de graduación busca también realizar un manual operativo sobre el manejo de los sensores a distancia y que a pesar que la comparación de los resultados in situ es posible estimar el buen funcionamiento de estos para llevar un control de las horas laboradas de cada individuo por medio de aplicaciones que brinda la empresa SkyData en Sky-Control como en Sky-Global que tienen distintas funcionalidades e información a recopilar. Siendo así posible dejar plasmado el funcionamiento y los resultados que se pueden esperar al implementar esta tecnología de control y supervisión.

### 6.2 Metodología y aplicaciones

Tras el análisis de los parámetros que se generan dentro del sistema operativo de los sensores y analizar los puntos en donde se puede implementar o generar metas de trabajo para que se encuentre los factores de vulnerabilidad que puede tener el proceso de colocación y de tal forma mejorar el funcionamiento y calidad de los resultados a lo largo de la carpeta asfáltica. Asimismo, se aportará un manual que permita verificar el estado de los equipos y los resultados obtenidos tanto en campo como en el sistema operativo Sky-Control.

### **6.3 Práctico**

Se creará un manual que sea comprensible sobre la información que se puede recopilar y que permita identificar los puntos a mejorar y que, a futuro, pueda compararse con la metodología previa utilizada y se emplee un mejor proceso de colocación. Finalmente, esta información permitirá a futuros contratistas, operadores y constructores potenciar sus equipos y prolongar su vida de operación.

### **6.4 Propuesta de solución**

El control óptimo de la información recopilada que parte del proceso de colocación de asfalto permite mejorar los tiempos y calidad de la mezcla para la obtención de un mejor resultado y un beneficio común para los vehículos que transitan como para el constructor y sus tiempos operables.



## Marco teórico

---

### 7.1. Jerarquía en una obra de infraestructura vial

La organización de una obra constituye una estructura jerarquizada, sujeta a una serie de reglas y normas de comportamiento que permiten a la empresa constructora alcanzar con eficacia y eficiencia los objetivos de economía, plazos, calidad y seguridad (Yepes V. 2008). Para que estos fines se alcancen de forma coordinada, las actividades se agrupan en departamentos o secciones con una asignación clara de funciones y responsabilidades, donde cada persona sepa el papel que debe cumplir y la forma en que sus tareas se relacionan con las restantes.

#### 7.1.1. Organización lineal

Las obras suelen estar organizadas de forma lineal. Esta estructura es la más simple y antigua caracterizada por el principio de autoridad lineal, donde las comunicaciones entre los miembros de la organización siguen la línea jerárquica establecida y la transmisión de órdenes, actuaciones, obligaciones y responsabilidades es clara y precisa. Las ventajas de la organización lineal pasan por su sencillez, facilidad de implantación y estabilidad. La construcción es un campo propicio a esta modalidad de organización, especialmente en obras pequeñas y medianas, no demasiado especializadas, con tareas estandarizadas y rutinarias, y con plazos de ejecución usuales (Yepes V. 2008).

#### 7.1.2. Organización funcional

Existen obras que, bien por su dimensión, complejidad o largos plazos de ejecución requiere de asesores, consejeros o departamentos especializados. Es el caso de una organización funcional, donde el mando se basa en el conocimiento, no teniendo ningún superior una autoridad total sobre los subordinados. Esta organización facilita la descentralización de las decisiones y la comunicación directa sin intermediarios. Sin embargo, en una obra, una organización funcional pura podría llevar a una pérdida de

autoridad de mando, a una subordinación múltiple de distintos departamentos especializados y a confundir los objetivos (Yepes V. 2008).

### **7.1.3. Organización jerárquica-consultiva**

Para evitar los problemas anteriores, aumentar las ventajas de las organizaciones anteriores, en las obras de determinada complejidad se propone una organización jerárquica-consultiva. En este tipo de organizaciones el principio de autoridad única se mantiene y son los órganos consultivos o de apoyo los que aconsejan a los jefes de línea respecto de algunos aspectos de sus actividades. La jerarquía (línea) asegura el mando y la disciplina, mientras que los especialistas proveen los servicios de consultoría y asesoría (Yepes V. 2008).

## **7.2. Seguridad industrial**

Según Román C. y Velazco A. (2018) en la tesis de pregrado “Propuesta de Plan de Seguridad para Prevenir Riesgos Durante la Ejecución de Obras en Carreteras” brinda parámetros en prevención de peligros potenciales referentes a cada actividad, teniendo en cuenta los requisitos establecidos por las normas, como el “Glosario de partidas aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes”, entre otras; las cuales fueron base fundamental para la elaboración de la matriz de identificación de peligros, evaluación de riesgos y control (IPERC).

La seguridad industrial de una obra es fundamental para poder garantizar la integridad de todos los trabajadores que componen un proyecto, sin importar su magnitud. Generalmente cada empresa tiene sus protocolos de seguridad, que no varían mucho de una empresa a otra debido a que se basan en normativas tanto nacionales como internacionales vigentes, y es obligación tanto del trabajador como del empleador dar a conocer todos los procedimientos de seguridad, para así minimizar posibles calamidades en una obra (Torres C. 2015).

## **7.3. Autoridades involucradas**

Dirección General de Caminos (DGC) es una dependencia del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, creada el 28 de mayo de 1920 mediante el Acuerdo Gubernativo emitido por el Presidente de la República Carlos Herrera Luna y sus funciones están establecidas en el Acuerdo Gubernativo No. 520-99, Reglamento Orgánico interno del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Por ende, es la responsable de administrar la red vial registrada en el país, lo que implica la planificación, ejecución y supervisión de obras de construcción, ampliación, rehabilitación y mantenimiento de las carreteras del país (DGC 2022).

## **7.4. Almacenamiento y control de equipo**

### **7.4.1. Gestión del riesgo**

Debido a que la maquinaria de construcción es el resultado de la inversión de una cantidad importante de capital, el riesgo de perderlo se comparte, por lo general, con una empresa aseguradora por medio de la adquisición de una póliza (Bunni, 2003). Los principales riesgos que son amparados en este tipo de seguro son los siguientes: daños durante el transporte, robo total de la unidad, colisión con objetos en movimiento, derrumbe, deslave o alud, temblor o huracán, inundación, explosión, e incendio o rayo (HDI, 2018).

El costo de la póliza de seguro de una maquinaria es una función de su valor y de la siniestralidad. Las primas anuales promedio por asegurar una maquinaria de construcción fluctúan entre un 2 % y un 4 % de su valor. En forma teórica, el costo horario por aseguramiento se calcula como el producto del costo horario promedio de la maquinaria durante su vida útil por un coeficiente actuarial de siniestralidad anual (RLOPSRM, 2010).

### **7.4.2. Planeación del uso**

Para un proyecto de construcción el proceso de gestión de la maquinaria comienza con la definición de un plan de uso, el cual es realizado por el superintendente de la obra. El principal producto entregable de este plan es una matriz de identificación y cuantificación de la maquinaria requerida para cada actividad (Chinchore & Khare, 2014). Cuando la empresa ejecuta con cierta frecuencia proyectos similares, por lo general ya cuenta con una matriz estándar, la cual se revisa para cada nuevo proyecto, con la finalidad de identificar si se requiere de alguna otra maquinaria que no se haya utilizado en construcciones anteriores.

A partir de la identificación de cada una de las maquinarias necesarias, se calcula cuántas se requerirán en la ejecución de cada actividad. Esta cantidad es una función de los rendimientos de cada maquinaria, de los volúmenes de trabajo y del número de ciclos en que se realizará la actividad (Moreno, 2015). Un ciclo de trabajo es el lapso durante el cual una maquinaria (o un conjunto de maquinarias) trabaja en un tramo de una actividad, movilizándose al concluir el tramo al siguiente; la experiencia del superintendente es de suma importancia para establecer el número de ciclos idóneo para realizar cada actividad.

### **7.4.3. Gestión de los consumibles**

La maquinaria de construcción consume insumos de diferente índole durante su operación. El más importante desde el punto de vista económico es el recurso energético, debido a que se consume en forma constante y en grandes cantidades; algunos tipos de maquinaria utilizan diésel centrifugado.

La cantidad del energético utilizado por cada maquinaria depende de diversos factores, tales como: la potencia de la planta motriz, el tipo trabajo, la pendiente del

recorrido, el clima, el tipo de suelo, etc. Aun cuando es difícil calcular el consumo del energético usando una función de una sola variable independiente, se han desarrollado algunos modelos simples de operación que calculan la cantidad del energético a consumir en función de la potencia del motor y las horas de uso (Klanfar, 2016).

#### **7.4.4. Administración del departamento de maquinaria**

Las empresas requieren de un lugar para resguardar la maquinaria, para esto cuentan con un parque; y dentro de éste, con un taller para realizar los trabajos de mantenimiento. En algunos casos las constructoras prefieren constituir otra empresa que se encargue únicamente de esta gestión, lo que les facilita diversificar sus actividades dedicándose además a la renta de maquinaria, y obtener variadas ventajas fiscales (Alonso, 2015).

La estructura organizacional típica del departamento de maquinaria consta de tres áreas principales: Almacén, Mantenimiento y Logística, los cuales se describen a continuación:

**Almacén:** Esta área gestiona los diversos consumibles relacionados con la maquinaria. Sus tres principales funciones son: Gestión de las refacciones, Gestión de las herramientas y Gestión de las herramientas.

**Mantenimiento:** Esta área tiene como objetivo mantener el correcto funcionamiento la maquinaria. Sus tres principales funciones son: Limpieza, Mecánica y Pintura.

**Logística:** Esta área tiene a su cargo el transporte de la maquinaria desde del taller a la obra y viceversa, o bien entre obras. Sus tres principales funciones son: Localización de la maquinaria, Transporte de la maquinaria y Asignación de operador a la maquinaria.

#### **7.5. Flota para colocación de asfalto**

Céspedes A. (2019), en su tesis “Proceso de producción y colocación de mezcla asfáltica en caliente empleando una planta de asfalto móvil.” Afirma que el equipo empleado para la colocación de asfalto sería:

**Barredora:** Equipo empleado para realizar la limpieza de la superficie de la base. Para esta función se emplea un minicargador más un accesorio llamado barredora, el cual consta de uno o más cepillos laterales circulares en forma de disco, que permite conducir los residuos presentes en la base hacia el centro de la barredora donde un cepillo central cilíndrico lo recoge e introduce en el cucharón del minicargador.



Figura No. #1. “Equipos de colocación de asfalto”.

Céspedes A. (2019).

**Compresora de aire:** Este equipo es empleado para la limpieza de la superficie de la base. Es un equipo liviano el cual cuenta con una manguera que emite aire a presión para remover el material suelto o la suciedad presente en la base.



Figura No. #2. “Equipos de colocación de asfalto”.

Céspedes A. (2019).

**Camión imprimador:** Equipo empleado para realizar la imprimación de la capa base previo a la colocación de la carpeta asfáltica. En la parte posterior del camión, se acondiciona un tanque térmico en forma de cilindro, el cual posee un sistema de calentamiento, conformado por un quemador que aumenta la temperatura del ligante. Además, el camión cuenta con una motobomba que impulsa el ligante del tanque hacia la barra de riego provista de boquillas que permite el riego uniforme del AC 30 sobre la superficie del terreno.



Figura No. #3. “Equipos de colocación de asfalto”.

Céspedes A. (2019).

**Cocina asfáltica:** Equipo empleado para calentar el ligante y realizar la aplicación del riego de liga o imprimación asfáltica. Consiste en una carreta tipo remolque sobre la cual se monta un tanque cilíndrico pequeño, con capacidad de 165 galones. Para el calentado del ligante se emplea gas y un fogón que provee de calor al tanque. La cocina asfáltica cuenta con una bomba que es la encargada de expulsar el líquido ligante siguiendo la siguiente trayectoria: tanque-tuberías-manguera de riego.



Figura No. #4. “Equipos de colocación de asfalto”.

Céspedes A. (2019)

**Pavimentadora de asfalto:** Es una máquina que logra distribuir y darle forma al asfalto, También si es reciente es posible determinar el espesor, temperatura y requisitos de colocación dependientes a las normativas y especificaciones dependiendo del país o que el terreno necesite. La mayoría de las pavimentadoras son de acero y se componen por una tolva en la parte delantera y en donde se vacía el asfalto; también utiliza sinfines y tiene un sistema de transporte que le ayuda a moverse y expandir el material. (Céspedes A., 2019)



Figura No. #5. “Equipos de colocación de asfalto”.

Céspedes A. (2019).

## **7.6. Equipo de transporte**

### **7.6.1. Camiones de volteo**

Un camión de volteo es como cualquier otro camión en principio, ya que está fabricado sobre una plataforma. Sirve para mover cualquier tipo de carga que requiera ser trasladada de un punto a otro a granel, como la arena, la piedra, la tierra o la basura. Tiene múltiples usos en las industrias de construcción y minería. Un camión de volteo tiene una caja construida con acero de gran resistencia, con un diseño sencillo que aprovecha al máximo el espacio de carga y se utiliza para cargar, transportar y descargar en otro lado, una cantidad muy diversa de materiales (TAURO, 2016).

## **7.7. Equipo de levantado**

El fresado de pavimento y concreto es un método que permite eliminar una superficie fallida para abrir la posibilidad de agregar una nueva superposición con un tiempo de vida más largo, de mayor rendimiento y funcionamiento (Gotoyard, 2022).

Las máquinas de fresado en frío denominadas fresadoras o perfiladoras emplean un proceso de molienda por medio de un segmento rotativo provisto de dientes fragmenta capas de pavimento o cemento a una profundidad deseada. Al no utilizar calor de forma directa se eliminan los problemas de emisiones no deseadas por la quema de bitumen asfáltico producidas por métodos que incluyen desgarrar y trituración por etapas (Gotoyard, 2022).

Al emplear una fresadora se suelen eliminar capas viejas de asfalto a una profundidad determinada lo que favorece la restauración de la superficie sin surcos, grietas e imperfecciones proporcionando una mejor superficie de unión para el nuevo pavimento.

### 7.8. Equipo de compactación de asfalto

**Compactador de neumáticos:** Este equipo compactador utiliza llantas suaves como rodillos, los cuales son apropiados para compactar materiales tanto cohesivos, como no cohesivos, tales como suelos arenosos, arcillas, mezclas de grava, suelos estables, concreto bituminoso, concreto rígido y muchos otros productos relacionados. Estas llantas rodillo son generalmente utilizadas en proyectos de construcción de autopistas de primera clase, para realizar la compactación final de las superficies de asfalto. Además, son indispensables para la construcción de las vías para trenes de alta velocidad, aeropuertos, etc. (CASALCO, 2022).



Figura No. #6. “Equipos de compactación de asfalto”.  
(CASALCO, 2022).

**Rodillo vibratorio en tándem:** Rodo tándem es un equipo que se utiliza para pavimentar carreteras y estacionamientos. Comúnmente conocido como rodillo doble tándem, está formado por dos rodillos de acero muy pesados instalados en un chasis. Se usa para alisar y compactar asfalto antes de que se enfríe y endurezca. Los tambores o rodillos de acero sobre los que se desplaza la máquina a menudo se enfrían con un sistema de aspersores de agua para evitar que el pavimento se pegue a los rodillos. (CASALCO, 2022).



Figura No. #7. “Equipos de compactación de asfalto”.  
(CASALCO, 2022).

## 7.9. Carpetas asfálticas

Narvaez J., Sanchez D. y Zacarias I. (2009) afirman que la carpeta asfáltica es la capa superior de un pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento para los vehículos y que se elabora con materiales pétreos y productos asfálticos. Por lo tanto, los materiales pétreos para construir carpetas asfálticas son suelos inertes, provenientes de playones de ríos o arroyos, de depósitos naturales denominados minas o de rocas, los cuales, por lo general requieren cribado y triturado para utilizarse.

### 7.9.1. Temperaturas y tiempos de mezcla

Ortiz J., Camacho J. y Reyes F. (2005) señalan que las mezclas asfálticas en caliente son las más empleadas en muchas partes del mundo, debido a su flexibilidad, duración, uniformidad, resistencia a la fatiga y economía entre otras características, generando por ende investigaciones y desarrollos para mejorar sus propiedades mecánicas y dinámicas. Muchas de los adelantos se han enfocado en el proceso constructivo de la conformación de las carpetas de rodadura, prueba de ello es la utilización de equipos costosos que mantienen la temperatura constante en el proceso de extendido y compactación.

Una de las variables principales en el diseño de las estructuras de pavimento son las propiedades mecánicas y dinámicas de las mezclas, resaltándose el módulo dinámico, el ahuellamiento y la ley de fatiga; por lo cual el objetivo principal de esta investigación, se fundamentó en determinar el efecto en el módulo dinámico, estabilidad, densidad y flujo al cambiar la temperatura de compactación entre 100 y 150 °C, en intervalos de 10 °C. Para la determinación de los módulos dinámicos se empleó del NAT (Nottingham Asphalt Tester) a 10, 20 y 30 °C y a una frecuencia de 5 Hz. (Ortiz J., Camacho J. y Reyes F. (2005)).

## **7.10. Proceso de colocación**

Previo a la colocación de la carpeta asfáltica, se organizan las cuadrillas encargadas de ejecutar esta actividad. Una cuadrilla se encarga de la limpieza de la superficie imprimada, la segunda cuadrilla se encarga de delimitar el área a ser pavimentada, y dividir el carril de la vía, según el ancho de la asphaltadora a utilizar. La tercera cuadrilla está formada por el personal que realizará la colocación del material, esta incluye operadores rastrilleros del tren de asfalto, plancheros y ayudantes.

Desde campo, se coordina la salida de los camiones de volteo en la planta de asfalto y se estima el tiempo de llegada de estos a obra, teniendo en cuenta factores tales como la distancia entre la planta de asfalto y el lugar de ejecución del proyecto, la velocidad de los camiones de volteo con carga, el estado de las vías de comunicación hacia la zona del proyecto, y estado del tráfico entre otros.

### **7.10.1 Tren de asfalto**

El tren de asfalto se coloca en el punto de inicio de la pavimentación, previamente se verifica que haya accesibilidad de ingreso y salida de los equipos que conforman el tren de asfalto, sin que existan obstáculos para su movilización. Cuando el primer cabezal llega a obra, se da inicio al encendido de los equipos, dejando transcurrir 20 minutos como mínimo, para que el motor de los equipos llegue a una temperatura óptima de trabajo. Durante este tiempo, se verifica la temperatura de la mezcla asfáltica contenida en los camiones de volteo, la cual debe oscilar entre los 140 a 160 °C. Se cubica (para visualizar el alcance en ml del camión de volteo) la tolva del camión y se coordina el posicionamiento del mismo para la puesta en marcha del ciclo de producción. El camión de volteo es ubicado en la parte frontal de la pavimentadora asfáltica, quedando las tolvas de ambos equipos juntas.

El camión inicia la descarga de la mezcla asfáltica en caliente sobre la tolva de la pavimentadora e inician su desplazamiento en simultáneo a lo largo de la zona a asfaltar (una velocidad máxima de 3 km/h). Durante el desplazamiento de los equipos, la pavimentadora internamente va transportando el material depositado en la tolva delantera hacia la parte posterior de la pavimentadora, lugar por donde se realiza la colocación de la mezcla sobre la base ya imprimada o con riego de liga. El extendido de la mezcla se realiza de forma uniforme y es regulado su ancho con los brazos niveladores de la pavimentadora y el espesor es regulado por un controlador, mediante el uso de una herramienta llamada escantillón, en el cual se regula su altura, previo al inicio de la colocación de la mezcla asfáltica en caliente (Céspedes A., 2019).

Culminado el proceso de descarga del primer camión de volteo, éste se retira y es reemplazado por el siguiente, repitiendo el ciclo de carga y descarga de la pavimentadora hasta cumplir con el objetivo de distancia contemplada por día en el proyecto. Posterior al esparcido del material, se realiza la compactación de la mezcla asfáltica, con un rodillo vibratorio compactador de doble rola tándem. En las zonas poco accesibles se emplea una

plancha compactadora o rodillo chupetero que cumplen con la misma función del compactado (Céspedes A., 2019).

Para la primera pasada del rodillo compactador, se aplica doble vibración sobre la carpeta asfáltica, la segunda pasada se aplica vibración simple y para la tercera pasada se deja rodar el equipo sin que existan vibraciones. Finalizada la compactación de la carpeta asfáltica, se aplica sobre el área compactada un sello de arena con la finalidad de que cuando pase el rodillo neumático sobre el pavimento, el material bituminoso no se adhiera a las llantas del neumático. El rodillo neumático es el encargado de realizar la compactación final sobre la carpeta asfáltica, y de sellar la superficie del aglomerado eliminando la relación de vacíos y evitando el agrietamiento de la carpeta asfáltica final (Céspedes A., 2019).

El tiempo de colocación de la mezcla asfáltica por volquete varía entre 20 a 80 minutos, dependiendo del tipo de vía a asfaltar como son parches, vías continuas, intersecciones, bocacalles, entre otros (Céspedes A., 2019).

### **7.10.2. Preparación de la base**

Se llama así a la capa construida sobre la subbase. Se diferencia de esta por la mejor calidad de sus materiales y las mayores exigencias en las especificaciones de construcción. Aun cuando se tiene funciones a las de la sub-base, su importancia radica en su capacidad estructural y de protección del resto del pavimento; además, permite la circulación de los vehículos mientras se construye la capa de rodadura. En la actualidad existe gran variedad de materiales empleados para la construcción de la base como son los suelos y materiales pétreos, algunos estabilizantes como el cemento, la cal y otros materiales ligantes (Montenegro M., 2010).

### **7.10.3. Transporte de la mezcla**

La mezcla de suelo-cemento, suelo-cal o suelo-emulsión se transportan desde donde se realiza el mezclado en planta, al sitio de trabajo, utilizando camiones de volteo o volquetas (ver Figura. 4.21), habitualmente con una capacidad de 12 a 24m<sup>3</sup> (Montenegro M., 2010).



Figura No. #8. “Camión de volteo para transporte de mezcla ya estabilizada”.

(Montenegro M., 2010).

Durante el transporte, la mezcla debe protegerse contra posibles variaciones de humedad cubriéndola con plásticos o lonas que garanticen que el agua de la mezcla no se evapore por la acción del sol, del viento o bien que se incremente por el efecto de la lluvia. En general se recomienda que el tiempo para transportar la mezcla hacia el sitio de trabajo no sea superior a 30 minutos, salvo que se utilicen retardantes de fraguado (para suelo-cemento) (Montenegro M., 2010).

#### **7.10.4. Colocación de la mezcla**

El riego del material asfáltico deberá hacerse preferiblemente durante las horas más calurosas del día y por ningún motivo se aplicará cuando la base se encuentre mojada o haya peligro de lluvia. La imprimación se hará en la superficie de rodadura y en los taludes de la capa base, tan pronto se haya compactado la misma. La penetración normal del riego debe ser de 8 a 10 mm, aunque puede considerarse como satisfactoria una penetración menor, siempre que haya buena adherencia entre el material asfáltico y el pétreo de la base (Montenegro M., 2010).

La base imprimada deberá cerrarse al tránsito durante 24 horas. Cuando por causas de fuerza mayor sea necesario abrir al tránsito la base imprimada antes que transcurran 24 horas de haberse aplicado el riego, éste se deberá cubrir con arena, donde el equipo esparcidor de arena no deberá, en ningún momento, transitar sobre el material asfáltico que no esté recubierto. En todo caso deberá transcurrir un tiempo mínimo de cuatro horas entre la aplicación del riego asfáltico y el de la arena (Montenegro M., 2010).

#### **7.10.5. Compactación de la mezcla**

Gerardo Hamid Hernández Cabrera, Fernando Ramírez Rodríguez Programa de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia Bogotá D.C., Colombia relata en su artículo que la compactación es un proceso fundamental en la construcción de un pavimento flexible, aumenta la resistencia portante y disminuye el riesgo de futuras fallas de la estructura del pavimento. En el proceso constructivo de las capas de una estructura de pavimento influyen distintos factores que hacen que ella tenga un óptimo comportamiento frente a los esfuerzos que va a enfrentar durante su vida útil de servicio, uno de los principales factores que influye en el funcionamiento óptimo de una mezcla asfáltica es su densificación y la relación de vacíos que pueda llegar a tener después de un proceso de compactación.

La compactación es una variable que de manera constante es parte importante de la etapa constructiva de un pavimento, sin embargo, se hace un proceso difícil de garantizar al 100%.

## **7.11. Seguridad y manejo de tráfico vehicular**

El control de tránsito abarca todas las medidas destinadas a la distribución y el control de los flujos de tránsito en tiempo y espacio con el fin de evitar la aparición de incidentes o para reducir sus impactos. El control de tránsito es llevado a cabo por los operadores y los controladores de la red, en referencia a las políticas de gestión del tránsito predeterminados y sus planes. En la mayoría de los países, ésta es una actividad realizada coordinadamente con las autoridades encargadas de la vigilancia del tránsito, a menudo bajo su directo control (PIARC, 2022).

## **7.12. Puntos de dolor en una constructora**

Espinoza A. (2021) afirma que se consideran puntos de dolor a aquellos contratiempos, preocupaciones o problemas que puede presentar una empresa. Estos pueden ser reales o simplemente una percepción y no tenemos una jerarquía de clasificación. Existen problemas diferentes para cada empresa ya que, cada una de ellas se enfrenta a situaciones distintas y con necesidades específicas.

Durante la construcción, hay ciertos problemas muy comunes. Algunos de ellos son la escasez de trabajadores cualificados, la falta de organización, los retrasos en el proyecto o los problemas de financiación.

### **7.12.1. Combustible**

Los combustibles son depósitos densos de energía que se usan para proporcionar servicios energéticos como calefacción, transporte y generación de energía eléctrica. Los combustibles primarios incluyen combustibles nucleares, biocombustibles y combustibles fósiles. A menudo, los combustibles primarios se procesan para hacer algo químicamente distinto de lo que originalmente eran cuando fueron recolectados como recursos naturales. Por ejemplo, el petróleo crudo es un combustible primario que se somete a destilación fraccionada para convertirse en productos más útiles para el consumidor (IEA, 2014).

### **7.12.2. Tiempo de ejecución**

El tiempo de ejecución es un factor crucial para el cumplimiento del contrato y rendimiento de una empresa por lo que durante la ejecución de los proyectos, cada semana se puede evaluar el desempeño de la empresa por medio de dos variables: el Índice de Desempeño (ID) y el Índice de variación (IV); estos índices corresponden a SPI y SV, respectivamente, y pueden ser tomados de la teoría del avance o progreso alcanzado (Earned Schedule) desarrollada por Lipke (2003), Explicado en la Figura No. #9. Estos índices son una función del tiempo y se presentan en las Ecuaciones 1 y 2:

$$ID(t)=ES/AT \quad (1)$$

$$IV(t)=ES-AT \quad (2)$$

En donde AT representa la semana en la cual se realizó la evaluación del desempeño del proyecto, y ES representa la semana que corresponde al costo presupuestado del trabajo



### **Método de la línea recta**

Es el más utilizado por las empresas, ya que es el más sencillo de calcular. Considera que el activo se desgasta de forma uniforme durante su uso, sin importar qué tanto uso tenga, y el resultado muestra el gasto anual de depreciación.

Para calcularlo, necesitas saber el tiempo de vida útil del activo, su valor residual (el valor que tendrá el activo al terminar su vida útil) y el valor del activo para implementar su fórmula.

$$\text{GASTO A. DEPRECIACIÓN} = (\text{V. ACTIVO} - \text{V. RESIDUAL}) / \text{VIDA ÚTIL DEL ACTIVO}$$

(Solís R., 2013).

#### **7.12.5. Parámetros de funcionamiento**

Es el dato que se toma como necesario para analizar o valorar una situación en el momento necesario (Solís R., 2013).

#### **7.12.6. Modelos de control**

El modelo integrado de control de gestión es un conjunto de procesos que parten de las principales áreas claves dentro del sistema organizacional con el fin de diseñar indicadores y estándares basados en los planes y programas estratégicos intentados por la organización (Solís R., 2013).

#### **7.12.7. KPI (Key Performance Indicator)**

El término KPI, siglas en inglés, de Key Performance Indicator, cuyo significado en castellano vendría a ser Indicador Clave de Desempeño o Medidor de Desempeño, hace referencia a una serie de métricas que se utilizan para sintetizar la información sobre la eficacia y productividad de las acciones que se lleven a cabo en un negocio con el fin de poder tomar decisiones y determinar aquellas que han sido más efectivas a la hora de cumplir con los objetivos marcados en un proceso o proyecto concreto. El objetivo último de un KPI es ayudar a tomar mejores decisiones respecto al estado actual de un proceso, proyecto, estrategia o campaña y de esta forma, poder definir una línea de acción futura.

(LOGICALIS, 2017).

#### **7.12.8. Gestión de valor ganado Evm**

La gestión del valor ganado (EVM) es una metodología de gestión de proyectos que integra el programa, los costos y el alcance para medir el desempeño del proyecto. Basado en valores planificados y reales, la EVM predice el futuro y permite que los gerentes de proyecto se ajusten según corresponda (EcoSys, 2022).

## **7.13. Telemetría**

Sitrack (2022) afirma que la telemetría es un sistema de comunicación a distancia que permite recoger, procesar y transmitir información de un dispositivo electrónico a otro. Esto es posible gracias a sensores que miden magnitudes físicas o químicas (ondas, temperatura, vibración, presión, voltaje, velocidad, tiempo, etc.) y envían información sobre el funcionamiento de determinado objeto. Por ende, este sistema de comunicación resulta ser muy conveniente para distintas industrias porque permite monitorear procesos y mejorarlos en base a los datos e información que se van recopilando.

### **7.13.1. Telemetría en construcción**

La telemetría ayuda a los profesionales del sector de la construcción a supervisar y gestionar sus equipos, ayudándoles a realizar los proyectos con mayor eficacia. Proporciona una forma de analizar datos que antes eran inaccesibles, de modo que los proyectos de construcción pueden desarrollarse con mayor eficacia.

Los sensores de telemetría de precisión se están aplicando ahora a una serie de herramientas, dispositivos y otros equipos en los sectores de la construcción y la industria, y pueden gestionar una serie de datos, desde la utilización de las herramientas, el seguimiento de la ubicación y el mantenimiento de los equipos pesados, hasta la medición de los caudales durante el desagüe (Vallence C., 2020).

### **7.13.2. Sistema de monitorización y control de flotas**

En este tipo de arquitecturas, es necesaria una función vital llamada monitorización de sistemas. Se encarga de hacer un seguimiento de su estado, tanto de la infraestructura como de los subsistemas presentes. Su objetivo es asegurar que el sistema es fiable y estable, capaz de proporcionar los servicios para los que ha sido diseñado. En definitiva, la monitorización de sistemas sirve para establecer el grado de salud y la capacidad de dicho sistema (Skydata Latam, 2022).

Para lograrlo, se necesita recabar una serie de datos, que son mostrados en gráficas para su interpretación. Además, la monitorización de sistemas genera una serie de alarmas que ayudan a poner remedio cuando se presente alguna señal de mal funcionamiento (Skydata Latam, 2022).

### **7.13.3. Datos recopilados**

Los sistemas de recopilación de datos telemétricos de SkyData Latam permite la recopilación de los KPI's más interesantes como:

- Cumplimiento de avances
- Combustibles
- Tiempo de parada
- Personal (operadores)

- Ubicación
- Eficiencia de la flota

## **7.14. Programas existentes de control**

### **7.14.1. Skyglobal**

Sistema de administración de flotillas, en este caso se implementará a un equipo de colocación de asfalto. SkyGlobal cuenta con una infinidad de funciones como:

- Eficiente administración
- Coordinación de avances
- Alertas y recordatorios
- Visitas y Geocercas
- Combustible
- Análisis de datos

(Skydata Latam, 2022).

### **7.14.2. Skycontrol**

Plataforma y App móvil para control de recursos, esto se verá implicado en la gestión de combustible, mantenimiento y seguimiento a inconvenientes dentro de la operación de la empresa.

(Skydata Latam, 2022).



### **Marco legal**

---

No existen normativas o legislación que restrinja la utilización de sensores para control y manejo de equipos pesados propios dentro de una constructora, a menos que se quiera comercializar el control de equipos telemétricos sería necesaria una licencia de seguridad para montar este negocio.

---

### Metodología

---

El mundo está cambiando y por lo mismo es necesario innovar y eficientizar procesos. Por ende, se busca investigar y analizar la influencia en la ingeniería de valor sobre la implementación de equipos telemétricos en equipo y maquinaria pesada utilizada en proyectos de infraestructura dentro del campo de la construcción. Por lo tanto, inicialmente se recopila información relevante que pueda ser un hincapié para la aplicación de la telemetría sobre el manejo y control de equipos y maquinaria pesada en la construcción para que posteriormente se busquen los equipos o sensores que pueden recopilar la información sobre las métricas de injerencia que existen al momento de ejecutar una obra. En este caso, se segmenta el estudio al tren de colocación de asfalto el cual consta de 3 camiones de volteo y 4 máquinas, perfiladora de asfalto, pavimentadora de asfalto, rodo tándem y neumática con la finalidad de poder analizar los parámetros de consumo, ubicación, avances realizados en un tiempo determinado.

La investigación por realizar es de tipo mixta ya que la fuente de información primaria (directa) será la recopilación de datos teleméricamente por sensores que serán impuestos en la maquinaria proporcionados por SkyData, una empresa especializada en control de flotas. Se establece una alianza en donde SkyData proporcionará el equipo telemétrico y una serie de capacitaciones para poder recopilar correctamente las métricas que fueron identificadas como puntos de dolor en una empresa de construcción. Por ende, se debe de encuestar tanto a los operadores, pilotos como a los gerentes generales de la empresa propuesta con la finalidad de eficientizar consumos, procesos y mejorar los tiempos de horas productivas dentro del proceso de colocación del pavimento flexible. Por otro lado, las fuentes secundarias serán los manuales de los fabricantes de maquinaria pesada tomando como referencia los métodos teóricos para la estimación o cálculo de la producción horaria de cada equipo y los factores que afectan estas estimaciones.

Los cálculos y análisis que serán realizados serán fundamentados en investigaciones anteriores ya que la finalidad de la investigación es la influencia de los equipos telemétricos en

gestión y operación de estos, para que se genere un manual de comportamiento y buen uso de las máquinas.

Finalmente, se deben interpretar los rendimientos de la maquinaria ya que son fuentes de información valiosa y que permite estimar, controlar y mejorar las actividades ligadas a las actividades que cada máquina que se esté evaluando. Como también, permitiendo obtener como producto final una base de datos de rendimientos para cada equipo y según las actividades propuestas en la investigación que fueron medidas en obra, se tienen resultados óptimos para cada tipo de maquinaria, lo cual permite enriquecer la literatura actual de rendimientos de maquinaria pesada y deja las bases para futuras investigaciones sobre este tema, como también mejorar los procesos constructivos dentro de la industria.

### **9.1. Configuración de la plataforma**

Para incrementar la eficiencia en el proceso de colocación de asfalto mediante equipos telemétricos se necesita conocer el modelo de los equipos, la marca y su función previo a la implementación de los sensores, ya sean de combustible o de la computadora (GPS) ya que se debe verificar la compatibilidad del equipo con el sensor a utilizar. Siendo así necesario generar un protocolo previo al análisis y toma de datos para manejar la información y procesarla para obtener resultados que permitan generar documentación relevante para mejora del proceso de colocación de asfalto.

La plataforma de SkyGlobal permite el control e identificación de los equipos que contengan los sensores telemétricos que serán monitoreados por lo que es importante colocar todos los datos relevantes como Marca del vehículo, modelo, horas de trabajo (record), piloto u operador, grupo al que pertenece y la necesidad de servicio preventivo o correctivo.

Entonces, para configurar la plataforma de los sensores implementados va a depender del acceso que se tenga y los sensores que se han implementado en los equipos.

1. Ingreso de información relevante para creación de perfil por vehículo.
2. Ingresar a ajustes, grupos de vehículos y crear los grupos necesarios dependientes a la funcionalidad del equipo.
3. Ingresar a panel de control y escoger los paneles de “Eficiencia de equipos de transporte”, “Eficiencia de equipos de colocación” y control de combustible (todos los camiones de volteo).
4. Ir a la sección de ajustes y crear los grupos de zonas, en este caso se crean tres grupos: áreas de trabajo, banco de materiales y planta de asfalto.
5. Se tendrá que escoger cuatro tipos de informes (generados automáticamente por la plataforma), los cuales serán relevantes en cuanto al consumo de combustible, proceso

- de colocación, avances por día de trabajo y alerta por abandono de área de trabajo, con la finalidad de tener un control sobre la operación de los equipos de asfalto y transporte.
6. Tareas, al comienzo de un proyecto es necesario asignar tareas a los conductores en donde estas tareas deberán ser satisfechas en el horario laboral y adjuntadas la información que sea solicitada para comprobación de los avances.
  7. Creación de conductores, se deben de crear los perfiles de los pilotos de los camiones de volteo y operadores de maquinaria para asignarlos a sus equipos correspondientes y tener un mejor control del equipo pesado referente a la eficiencia de cada conductor.
  8. Para los equipos de transporte, a los camiones de volteo se les debe de asignar la ruta para recoger mezcla y llevarla al punto de colocación y así llevar un mejor control de su recorrido.
  9. Semanalmente, recopilar todos los informes generados y comparar con los resultados obtenidos in-situ para visualizar los avances obtenidos.
  10. Desarrollar estrategias y herramientas que permitan la mejora del proceso u optimizar las rutas para el desarrollo del proceso de colocación.

## **9.2. Cálculo teórico de eficiencia de equipos teórico**

Como fue expuesto en el marco teórico, el cálculo de la eficiencia o rendimiento de los equipos de forma teórica permitirá comparar los datos de eficiencia de la plataforma referente al proceso de colocación, para que de forma óptima se cumplan las solicitudes o necesidades planteadas por el usuario o contratante del servicio de control telemétrico.

### 9.3. Tablas de valores utilizados en el proceso de cálculo

**Tabla No. 1** “Velocidad aproximada de operación”.

VELOCIDAD DE OPERACIÓN	
TIPO DE MAQUINARIA	VELOCIDAD (km/hora)
Neumática	2.0 a 4.0 km/h
Rodo Tándem	2.5 a 4.5 km/h
Pavimentadora Finisher	2.0 a 3 km/h
Minicargador (Escoba)	4.0 a 8 km/h

Fuente: (Lloret, 2009).

**Tabla No. 2** “Factores de eficiencia de trabajo”.

FACTOR DE EFICIENCIA DE TRABAJO			
CONDICIONES DE TRABAJO	"t"	"o"	"E"
Excelentes	60/60	1	1
Buenas	50/60	0.9	0.75
Regulares	45/60	0.8	0.6
Deficientes	40/60	0.7	0.47

Fuente: (Lloret, 2009).

**Tabla No. 3** “Ancho efectivo de compactación”.

ANCHO EFECTIVO DE COMPACTACIÓN	
TIPO DE COMPACTADOR	ANCHO EFECTIVO "w"(m)
Neumática	1.99m
Rodo Tándem	1.70m
Pavimentadora Finisher	3.13m
Mini Cargador (Escoba)	1.6m

Fuente: (Lloret, 2009).

**Tabla No. 4** “Número de pasadas sobre rodadura según maquinaria”.

NÚMERO DE PASADAS	
TIPO DE COMPACTADOR	NÚMERO DE PASADAS
Neumática	10 a 16 pasadas
Rodo Tándem	8 a 14 pasadas
Pavimentadora Finisher	1 pasada
Minicargador (Escoba)	1 a 2 pasadas

Fuente: (Lloret, 2009).

**Tabla No. 5** “Factor de altura sobre rendimiento de maquinaria”.

$$h = \frac{\text{Factor de altura sobre rendimiento de maquinaria}}{10000}$$

Fuente: (Lloret, 2009).

**Tabla No. 6** “Factores de conversión volumétrica en material agregado”.

FACTORES DE CONVERSION VOLUMETRICA				
CLASE DE MATERIAL	ESTADO ACTUAL	CONVERTIDO A		
		NATURAL	SUELTO	COMPACTADO
ARCILLA	Natural (1)	1.00	1.43	0.90
	Suelto (1)	0.70	1.00	0.64
	Compactado (1)	1.11	1.59	1.00
TIERRA COMUN	Natural (2)	1.00	1.25	0.90
	Suelto (2)	0.80	1.00	0.72
	Compactado (2)	1.11	1.39	1.00
ARENA	Natural (3)	1.00	1.11	0.95
	Suelto (3)	0.90	1.00	0.86
	Compactado (3)	1.05	1.17	1.00
GRAVA	Natural (4)	1.00	1.12	0.95
	Suelto (4)	0.89	1.00	0.84
	Compactado (4)	1.05	1.18	1.00
ROCA DINAMITADA	Natural (5)	1.00	1.50	1.30
	Suelto (5)	0.67	1.00	0.87
	Compactado (5)	0.77	1.15	1.00

Fuente: (HebMerma, 2021)

<b>9.4. Tabla de descripción de variables</b>		
<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>
<b>L</b>	Ancho del compactador	metros
<b>W</b>	Ancho efectivo de compactación =L - Lo	metros
<b>Lo</b>	Ancho de traslape	metros
<b>V</b>	Velocidad de trabajo	m/hr
<b>N</b>	Número de pasadas	n
<b>Hs</b>	Capa de rasante suelto (asfalto no compactado)	metros
<b>Hc</b>	Capa de rasante compactada	metros
<b>Q</b>	Capacidad del camión	ton
<b>Tc</b>	Tiempo de carga de camión	mins
<b>dc</b>	Distancia recorrida para carga	metros
<b>trd</b>	Tiempo de recorrido a descarga	min
<b>dd</b>	Distancia camión colocado	m
<b>A</b>	Ancho de colocación	metros
<b>Fct</b>	Factor de conversión m3 a tonelada	
<b>t</b>	Factor de tiempo	
<b>o</b>	Factor de mano de obra	
<b>d</b>	Distancia colocada ideal por día	metros
<b>td</b>	Tiempo de colocación por camión	min
<b>tr</b>	Tiempo de vuelta a planta de asfalto	min
<b>Vv</b>	Velocidad de recorrido (vacío)	km/h
<b>Vc</b>	Velocidad de recorrido (cargado)	km/h
<b>Fm</b>	Factor de conversión por material transportado	
<b>Fv</b>	Factor volumétrico	
<b>Fc</b>	Factor de compresibilidad	
<b>E</b>	Factor de eficiencia del trabajo $E=t * o$	%
<b>h</b>	Incremento del ciclo por altura s.n.m.	metros
<b>QH</b>	Rendimiento real de compactación	m2/hr
<b>Pa</b>	Rendimiento real	m2/hr
<b>P</b>	Rendimiento en volumen (suelto)	m3/hr
<b>Pc</b>	Rendimiento en volumen (compactado)	m3/hr
<b>Cm</b>	Tiempo del ciclo de trabajo	mins

Tabla de descripción de variables de los cálculos realizados, 2023 (Fuente: Propia)

## 9.5. Formulario para cálculo de rendimiento de la maquinaria

### Doble rodo tándem AMMAN AV110 y compactadora neumática AMMAN AP/240

#### Rendimiento por hora

Unidad: m<sup>2</sup>/h

$$QH = \frac{(W * V)}{N}$$

#### Rendimiento real

Unidad: m<sup>2</sup>/h

$$Pa = \frac{(W * V * E)}{N}$$

#### Rendimiento (volumen suelto)

Unidad: m<sup>3</sup>/h

$$P = Pa * Hs$$

#### Rendimiento (volumen compactado)

Unidad: m<sup>3</sup>/h

$$Pc = Pa * Hc$$

### Pavimentadora finisher ROADTEC 180 10

#### Rendimiento por hora

Unidad: m<sup>3</sup>/h

$$QH = \frac{(60 * d * Hs * W * E)}{t * (1 + h)}$$

#### Rendimiento real por metro lineal

Unidad: m<sup>2</sup>/h

$$Pa = \frac{(W * V * E)}{N}$$

## Minicargador CAT 232D con aditamento de escoba

### Rendimiento por hora

Unidad: m<sup>2</sup>/h

$$QH = \frac{(W * V)}{N}$$

### Rendimiento real

Unidad: m<sup>2</sup>/h

$$Pa = \frac{(W * V * E)}{N}$$

### Rendimiento (volumen suelto)

Unidad: m<sup>3</sup>/h

$$P = Pa * Hs$$

## Camiones de volteo

### Tiempo de ciclo de trabajo

Unidad: mins

$$Cm = (tc * td * trd * tr) + \frac{td * 60}{Vc} + \frac{td * 60}{Vv}$$

### Rendimiento real por hora

Unidad: m<sup>3</sup>/h

$$QH = \frac{(Q * E * 60)}{dd * Fm}$$

### Rendimiento teórico por hora

Unidad: m<sup>2</sup>/h

$$Pa = dd * A * Hs * Fct$$

## **9.6. Cálculos de rendimiento de maquinaria para asfalto según los reportes por los sensores telemétricos**

## **Cálculos teóricos de rendimiento de maquinaria para asfalto**

**Nota:** SE CONSIDERA ÚNICAMENTE LOS FACTORES DE ALTURA Y DE EFICIENCIA DE TRABAJO, CON UN OPERADOR DE HABILIDAD  $O=1$  Y UN TIEMPO EFECTIVO DE TRABAJO DE 45min POR CADA HORA TRANSCURRIDA, POR LO CUAL  $E=0.6$

LONGITUD DEL TRAYECTO DIARIO APROXIMADAMENTE 240 METROS LINEALES.  
PROMEDIO DE TIEMPO POR CAMIÓN COLOCADO DE 15 MINUTOS.

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO DOBLE RODO TÁNDEM AMMAN



MÁQUINA	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARGA /LÍNEA
DOBLE RODO TÁNDEM	2018	74 Kw (99HP)	AMMAN / AV110
DATOS FÍSICOS DE LA MÁQUINA			
Ancho del compactador	<b>L =</b>	<b>1.882</b>	metros
Ancho efectivo de compactación =L - Lo	<b>W =</b>	<b>1.700</b>	metros
Ancho de traslape	<b>Lo =</b>	<b>0.182</b>	metros
Velocidad de trabajo	<b>V =</b>	<b>2190</b>	m/hr
Número de pasadas	<b>N =</b>	<b>4</b>	n
Capa de rasante suelto (asfalto no compactado)	<b>Hs =</b>	<b>0.05</b>	metros
Capa de rasante compactada	<b>Hc =</b>	<b>0.04</b>	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		<b>1897</b>	metros
Factor volumétrico	<b>Fv =</b>	<b>1</b>	
Factor de compresibilidad	<b>Fc =</b>	<b>1</b>	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	<b>1</b>	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	<b>1</b>	
Factor de eficiencia del trabajo E=t * o	<b>E =</b>	<b>0.6</b>	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	<b>0.0897</b>	m
RENDIMIENTO TEÓRICO FINAL			
RENDIMIENTO POR HORA :	<b>QH =</b>	<b>930.75</b>	m <sup>2</sup> /hr
RENDIMIENTO REAL :	<b>Pa =</b>	<b>558.45</b>	m <sup>2</sup> /hr
RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	<b>P =</b>	<b>27.92</b>	m <sup>3</sup> /hr
RENDIMIENTO EN VOLUMEN (compactado)	<b>Pc =</b>	<b>22.34</b>	m <sup>3</sup> /hr

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO RODO NEUMÁTICO AMMAN



MÁQUINA	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
RODO NEUMÁTICO	2018	74 Kw (99HP)	AMMAN / AP240
<b>DATOS FÍSICOS DE LA MÁQUINA</b>			
Ancho del compactador	<b>L =</b>	<b>2.1</b>	metros
Ancho efectivo de compactación =L - Lo	<b>W =</b>	<b>1.986</b>	metros
Ancho de traslape	<b>Lo =</b>	<b>0.114</b>	metros
Velocidad de Trabajo	<b>V =</b>	<b>5000</b>	m/hr
Número de pasadas	<b>N =</b>	<b>14</b>	n
Capa de rasante suelto (asfalto no compactado)	<b>Hs =</b>	<b>0.05</b>	metros
Capa de rasante compactada	<b>Hc =</b>	<b>0.04</b>	metros
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>			
Altura sobre el nivel del mar		<b>1897</b>	metros
Factor volumétrico	<b>Fv =</b>	<b>1</b>	
Factor de compresibilidad	<b>Fc =</b>	<b>1</b>	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	<b>1</b>	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	<b>1</b>	
Factor de eficiencia del trabajo E=t * o	<b>E =</b>	<b>0.6</b>	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	<b>0.0897</b>	m
<b>RENDIMIENTOS FINALES</b>			
RENDIMIENTO POR HORA :	<b>QH =</b>	<b>709.29</b>	m <sup>2</sup> /hr
RENDIMIENTO REAL :	<b>Pa =</b>	<b>425.57</b>	m <sup>2</sup> /hr
RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	<b>P =</b>	<b>21.28</b>	m <sup>3</sup> /hr
RENDIMIENTO EN VOLUMEN (compactado)	<b>Pc =</b>	<b>17.02</b>	m <sup>3</sup> /hr

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO PAVIMENTADORA ROADTEC 180 10



MÁQUINA	MODELO	POTENCIA (KW)	MARCA /LÍNEA
PAVIMENTADORA	2005	1 67.8 Kw (225HP)	ROADTEC / 180 10
DATOS FÍSICOS DE LA MÁQUINA			
Ancho de tolva	<b>L =</b>	<b>3.13</b>	metros
Ancho efectivo de colocación =L - Lo	<b>W =</b>	<b>3.000</b>	metros
Ancho de traslape	<b>Lo =</b>	<b>0.13</b>	metros
Velocidad de Trabajo	<b>V =</b>	<b>275.00</b>	m/hr
Número de pasadas	<b>N =</b>	<b>1</b>	n
Espesor de capa asfáltica	<b>Hs =</b>	<b>0.05</b>	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		<b>1897</b>	metros
Factor volumétrico	<b>Fv =</b>	<b>1</b>	
Factor de compresibilidad	<b>Fc =</b>	<b>1</b>	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	<b>1</b>	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	<b>1</b>	
Distancia colocada ideal por día	<b>d =</b>	<b>820</b>	metros
Tiempo de colocación por camión de 22 toneladas	<b>t =</b>	<b>15</b>	min
Factor de eficiencia del trabajo E=t * o	<b>E =</b>	<b>0.6</b>	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	<b>0.0897</b>	m
RENDIMIENTOS FINALES			
RENDIMIENTO POR HORA :	<b>QH =</b>	<b>270.90</b>	m <sup>3</sup> /hr
RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	<b>Pa =</b>	<b>495.00</b>	m <sup>2</sup> /hr

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO MINICARGADOR CON ADITAMIENTO DE ESCOBA



MÁQUINA	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
MINICARGADOR, ADITAMENTO DE ESCOBA	2020	59.1 Kw (79.25HP)	CATERPILLAR / 232D
DATOS FÍSICOS DE LA MÁQUINA			
Ancho angular	<b>L =</b>	<b>1.25</b>	metros
Ancho efectivo de colocación =L - Lo	<b>W =</b>	<b>1.220</b>	metros
Ancho de traslape	<b>Lo =</b>	<b>0.03</b>	metros
Velocidad de trabajo	<b>V =</b>	<b>1000.00</b>	m/hr
Número de pasadas	<b>N =</b>	<b>4</b>	n
Limpieza de residuos (grava) en base y en carpeta colocada	<b>Hs =</b>	<b>0.01</b>	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		<b>1897</b>	metros
Factor volumétrico	<b>Fv =</b>	<b>1</b>	
Factor de compresibilidad	<b>Fc =</b>	<b>1</b>	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	<b>1</b>	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	<b>1</b>	
Distancia colocada ideal por día	<b>d =</b>	<b>240</b>	metros
Tiempo de limpieza por tramo colocado	<b>t =</b>	<b>10</b>	min
Factor de eficiencia del trabajo E=t * o	<b>E =</b>	<b>0.6</b>	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	<b>0.0897</b>	m
RENDIMIENTOS FINALES			
RENDIMIENTO POR HORA :	<b>QH =</b>	<b>305.00</b>	m <sup>2</sup> /hr
RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	<b>Pa =</b>	<b>183.00</b>	m <sup>2</sup> /hr
RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	<b>P =</b>	<b>1.83</b>	m <sup>3</sup> /hr

## **Cálculos de rendimiento teórico para flota de transporte de mezcla.**

**Nota:** SE CONSIDERA ÚNICAMENTE LOS FACTORES DE ALTURA Y DE EFICIENCIA DE TRABAJO, CON UN OPERADOR DE HABILIDAD  $O=1$  Y UN TIEMPO EFECTIVO DE TRABAJO DE 45min POR CADA HORA TRANSCURRIDA, POR LO CUAL  $E=0.6$

DISTANCIA ENTRE PUNTO DE COLOCACIÓN Y PLANTA DE ASFALTO 6 KM  
PROMEDIO DE TIEMPO POR CAMIÓN COLOCADO DE 12 MINUTOS.

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO CAMIÓN DE VOLTEO 1



VEHÍCULO	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
CABEZAL	2007	180.93 Kw (246HP)	STERLING / LT8500
DATOS FÍSICOS DEL CAMIÓN			
Capacidad del camión	<b>Q =</b>	<b>20</b>	Toneladas
Tiempo de carga de camión	<b>tc =</b>	<b>15.00</b>	mins
Distancia recorrida para carga	<b>dc =</b>	<b>4000</b>	metros
Tiempo de recorrido a descarga	<b>td =</b>	<b>24.80</b>	min
Distancia camión colocado	<b>dd =</b>	<b>54.65</b>	m
Espesor de la capa asfáltica colocada	<b>Hs =</b>	<b>0.05</b>	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		<b>1897</b>	metros
Ancho de colocación	<b>A =</b>	<b>3</b>	metros
Factor de conversión m3 a tonelada	<b>Fct =</b>	<b>2.44</b>	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	<b>1</b>	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	<b>1</b>	
Distancia colocada ideal por día	<b>d =</b>	<b>820</b>	metros
Tiempo de colocación por camión	<b>td =</b>	<b>12</b>	min
Tiempo de vuelta a planta de asfalto	<b>tr =</b>	<b>6.43</b>	min
Velocidad de recorrido (vacío)	<b>Vv =</b>	<b>56</b>	km/h
Velocidad de recorrido (cargado)	<b>Vc =</b>	<b>14.52</b>	km/h
Factor de conversión por material transportado	<b>Fm =</b>	<b>0.84</b>	
Factor de eficiencia del trabajo E=t * o	<b>E =</b>	<b>0.6</b>	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	<b>0.0897</b>	m

RENDIMIENTOS FINALES			
TIEMPO DE CICLO DE TRABAJO	<b>Cm =</b>	<b>120.67</b>	mins
RENDIMIENTO REAL POR HORA:	<b>QH =</b>	<b>15.68</b>	m3/hr
RENDIMIENTO TEÓRICO POR HORA:	<b>Pa =</b>	<b>20.00</b>	m2/hr

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO CAMIÓN DE VOLTEO 2



VEHÍCULO	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
CABEZAL	2002	246 Kw (330 HP)	VOLVO / VNM
DATOS FÍSICOS DEL CAMIÓN			
Capacidad del camión	<b>Q =</b>	<b>20</b>	Toneladas
Tiempo de carga de camión	<b>tc =</b>	<b>15.00</b>	mins
Distancia recorrida para carga	<b>dc =</b>	<b>4000</b>	metros
Tiempo de recorrido a descarga	<b>td =</b>	<b>24.80</b>	min
Distancia camión colocado	<b>dd =</b>	<b>54.65</b>	m
Espesor de la capa asfáltica colocada	<b>Hs =</b>	<b>0.05</b>	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		<b>1897</b>	metros
Ancho de colocación	<b>A =</b>	<b>3</b>	metros
Factor de conversión m3 a tonelada	<b>Fct =</b>	<b>2.44</b>	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	<b>1</b>	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	<b>1</b>	
Distancia colocada ideal por día	<b>d =</b>	<b>820</b>	metros
Tiempo de colocación por camión	<b>td =</b>	<b>12</b>	min
Tiempo de vuelta a planta de asfalto	<b>tr =</b>	<b>6.43</b>	min
Velocidad de recorrido (vacío)	<b>Vv =</b>	<b>56</b>	km/h
Velocidad de recorrido (cargado)	<b>Vc =</b>	<b>14.52</b>	km/h
Factor de conversión por material transportado	<b>Fm =</b>	<b>0.84</b>	
Factor de eficiencia del trabajo $E=t * o$	<b>E =</b>	<b>0.6</b>	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	<b>0.0897</b>	m

RENDIMIENTOS FINALES			
TIEMPO DE CICLO DE TRABAJO	<b>Cm =</b>	<b>120.67</b>	mins
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	<b>QH =</b>	<b>15.68</b>	m3/hr
RENDIMIENTO TEÓRICO POR HORA:	<b>Pa =</b>	<b>20.00</b>	m2/hr

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO CAMIÓN DE VOLTEO 3



VEHÍCULO	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
CABEZAL	2000	246 Kw (330 HP)	VOLVO / VNL64TDAY
DATOS FÍSICOS DEL CAMIÓN			
Capacidad del camión	<b>Q =</b>	20	Toneladas
Tiempo de carga de camión	<b>tc =</b>	15.00	mins
Distancia recorrida para carga	<b>dc =</b>	4000	metros
Tiempo de recorrido a descarga	<b>td =</b>	24.80	min
Distancia camión colocado	<b>dd =</b>	54.65	m
Espesor de la capa asfáltica colocada	<b>Hs =</b>	0.05	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		1897	metros
Ancho de colocación	<b>A =</b>	3	metros
Factor de conversión m3 a tonelada	<b>Fct =</b>	2.44	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	1	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	1	
Distancia colocada ideal por día	<b>d =</b>	820	metros
Tiempo de colocación por camión	<b>td =</b>	12	min
Tiempo de vuelta a planta de asfalto	<b>tr =</b>	6.43	min
Velocidad de recorrido (vacío)	<b>Vv =</b>	56	km/h
Velocidad de recorrido (cargado)	<b>Vc =</b>	14.52	km/h
Factor de conversión por material transportado	<b>Fm =</b>	0.84	
Factor de eficiencia del trabajo $E=t * o$	<b>E =</b>	0.6	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	0.0897	m

RENDIMIENTOS FINALES			
TIEMPO DE CICLO DE TRABAJO	<b>Cm =</b>	120.67	mins
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	<b>QH =</b>	15.68	m3/hr
RENDIMIENTO TEÓRICO POR HORA:	<b>Pa =</b>	20.00	m2/hr

## **Cálculos de rendimiento recopilado con información telemétrica SkyData para maquinaria de asfalto, inicio del programa con sensores telemétricos.**

**Nota:** SE CONSIDERAN LOS MISMOS VALORES PROPUESTOS EN LA TEORÍA, A DIFERENCIA DE LA VELOCIDAD Y DISTANCIA RECORRIDA, PARA COMPARAR LA MEJORA EN EL PROCESO DE COLOCACIÓN DE ASFALTO LUEGO DEL CONTROL Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA. CON UNA EFICIENCIA DEL 60% EN TODOS LOS EQUIPOS.

**ÚNICAMENTE DÍAS LABORADOS.**

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO PAVIMENTADORA ROADTEC 180 10



MÁQUINA	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
PAVIMENTADORA	2005	167.8 Kw (225HP)	ROADTEC / 180 10
DATOS FÍSICOS DE LA MÁQUINA			
Ancho de tolva	<b>L =</b>	<b>3.13</b>	metros
Ancho efectivo de colocación =L - Lo	<b>W =</b>	<b>3.000</b>	metros
Ancho de traslape	<b>Lo =</b>	<b>0.13</b>	metros
Velocidad de trabajo real promedio	<b>V =</b>	<b>436.84</b>	m/hr
Número de pasadas	<b>N =</b>	<b>1</b>	n
Espesor de capa asfáltica	<b>Hs =</b>	<b>0.05</b>	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		<b>1897</b>	metros
Factor volumétrico	<b>Fv =</b>	<b>1</b>	
Factor de compresibilidad	<b>Fc =</b>	<b>1</b>	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	<b>1</b>	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	<b>1</b>	
Distancia colocada por día promedio	<b>d =</b>	<b>1285.71</b>	metros
Tiempo de colocación por camión de 22 toneladas	<b>t =</b>	<b>12.45</b>	min
Factor de eficiencia del trabajo E=t * o	<b>E =</b>	<b>0.6</b>	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	<b>0.0897</b>	m
RENDIMIENTOS FINALES			
RENDIMIENTO POR HORA :	<b>QH =</b>	<b>511.75</b>	m3/hr
RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	<b>Pa =</b>	<b>2184.20</b>	m2/hr

## Traslado de maquinaria

DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023			
Fecha	Distancia (m)	Tiempo (hr)	Velocidad (m/hr)
27/1/2023	1400	6.68333333	209.4763092
28/1/2023	3400	7.1	478.8732394
31/1/2023	6900	0.5	13800
6/2/2023	1400	3.25	430.7692308
7/2/2023	3300	4.61666667	714.801444
8/2/2023	2400	5.11666667	469.0553746
9/2/2023	2600	6.58333333	394.9367089
10/2/2023	1500	4.16666667	360
Distancia total (m)	9000	Velocidad promedio (m/hr)	436.8446153

El resultado de este primer mes en recopilación de información se obtuvo una distancia de 9 kilómetros, una *velocidad promedio de 4336.84 m/hr*, con un *rendimiento de 511.75 m<sup>3</sup>/hr* respectivo a la colocación de mezcla asfáltica y un *rendimiento real de 2184.20 m<sup>2</sup>/hr*, siendo así una colocación bastante productiva. Por consiguiente, se tiene que la planta de producción de mezcla asfáltica se encontraba cerca de la colocación por lo que su función dentro de los parámetros investigados es idónea a pesar de considerar una eficiencia del 60%.

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO DOBLE RODO TÁNDEM AMMAN



MAQUINA	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
DOBLE RODO TÁNDEM	2018	74 Kw (99HP)	AMMAN / AV110
DATOS FÍSICOS DE LA MÁQUINA			
Ancho del compactador	<b>L =</b>	1.882	metros
Ancho efectivo de compactación =L - Lo	<b>W =</b>	1.700	metros
Ancho de traslape	<b>Lo =</b>	0.182	metros
Velocidad de trabajo	<b>V =</b>	2376.10	m/hr
Número de pasadas	<b>N =</b>	4	n
Capa de rasante suelto (asfalto no compactado)	<b>Hs =</b>	0.05	metros
Capa de rasante compactada	<b>Hc =</b>	0.04	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		1897	metros
Factor volumétrico	<b>Fv =</b>	1	
Factor de compresibilidad	<b>Fc =</b>	1	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	1	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	1	
Factor de eficiencia del trabajo E=t * o	<b>E =</b>	0.6	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	0.0897	m
RENDIMIENTOS FINALES			
RENDIMIENTO POR HORA :	<b>QH =</b>	1009.84	m2/hr
RENDIMIENTO REAL :	<b>Pa =</b>	605.91	m2/hr
RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	<b>P =</b>	30.30	m3/hr
RENDIMIENTO EN VOLUMEN (compactado)	<b>Pc =</b>	24.24	m3/hr

<b>DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023</b>			
Fecha	Distancia	Tiempo (hr)	Velocidad (m/hr)
27/1/2023	1500	1.27	1184.21
28/1/2023	6200	6.67	930.00
31/1/2023	6900	0.57	12176.47
6/2/2023	1200	1.15	1043.48
7/2/2023	6300	7.15	881.12
8/2/2023	5700	5.63	1011.83
9/2/2023	5600	5.22	1073.48
10/2/2023	3600	5.08	708.20
Distancia total (m)	30000	Velocidad promedio (m/hr)	2376.10

El resultado de este primer mes en recopilación de información se obtuvo una distancia de 30 kilómetros, una *velocidad promedio de 2726.10 m/hr*, con un *rendimiento en volumen compactado de 24.24 m<sup>3</sup>/hr* respectivo a la compactación de mezcla asfáltica y un *rendimiento real de 605.91 m<sup>2</sup>/hr*, siendo así una compactación fortuita. Por consiguiente, se tiene que la planta de producción de mezcla asfáltica se encontraba cerca de la colocación por lo que su función dentro de los parámetros investigados es idónea a pesar de considerar una eficiencia del 60%.

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO RODO NEUMÁTICO AMMAN



MAQUINA	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
RODO NEUMÁTICO	2018	74 Kw (99HP)	AMMAN / AP240
<b>DATOS FÍSICOS DE LA MÁQUINA</b>			
Ancho del compactador	<b>L =</b>	<b>2.1</b>	metros
Ancho efectivo de compactación =L - Lo	<b>W =</b>	<b>1.986</b>	metros
Ancho de traslape	<b>Lo =</b>	<b>0.114</b>	metros
Velocidad de trabajo	<b>V =</b>	<b>5624.49</b>	m/hr
Número de pasadas	<b>N =</b>	<b>14</b>	n
Capa de rasante suelto (asfalto no compactado)	<b>Hs =</b>	<b>0.05</b>	metros
Capa de rasante compactada	<b>Hc =</b>	<b>0.04</b>	metros
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>			
Altura sobre el nivel del mar		<b>1897</b>	metros
Factor volumétrico	<b>Fv =</b>	<b>1</b>	
Factor de compresibilidad	<b>Fc =</b>	<b>1</b>	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	<b>1</b>	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	<b>1</b>	
Factor de eficiencia del trabajo E=t * o	<b>E =</b>	<b>0.6</b>	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	<b>0.0897</b>	m
<b>RENDIMIENTOS FINALES</b>			
<b>RENDIMIENTO POR HORA :</b>	<b>QH =</b>	<b>797.87</b>	m2/hr
<b>RENDIMIENTO REAL :</b>	<b>Pa =</b>	<b>478.72</b>	m2/hr
<b>RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)</b>	<b>P =</b>	<b>23.94</b>	m3/hr
<b>RENDIMIENTO EN VOLUMEN (compactado)</b>	<b>Pc =</b>	<b>19.15</b>	m3/hr

DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023			
Fecha	Distancia	Tiempo (hr)	Velocidad (m/hr)
27/1/2023	1300	1.32	987.34
28/1/2023	36700	4.37	8404.58
29/1/2023	3300	0.55	6000
6/2/2023	1700	0.93	1821.43
7/2/2023	23000	3.00	7666.67
8/2/2023	22900	3.33	6870.00
9/2/2023	31000	3.67	8454.55
10/2/2023	11100	2.32	4791.37
Distancia total (m)	124000	Velocidad promedio (m/hr)	5624.49

El resultado de este primer mes en recopilación de información se obtuvo una distancia de 124 kilómetros, una *velocidad promedio de 5624.49 m/hr*, con un *rendimiento en volumen compactado de 23.94 m<sup>3</sup>/hr* respectivo a la compactación de mezcla asfáltica y un *rendimiento real de 478.72 m<sup>2</sup>/hr*, siendo así una compactación adecuada pero insuficiente ya que esta máquina debería de mejorar su rendimiento ya que es de suma importancia eliminar los vacíos y dar la mayor cantidad de iteración en la sección de compactación. Su facilidad de operación se debe a la versatilidad y velocidad de colocación de la mezcla asfáltica.

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO MINI CARGADOR CON ADITAMIENTO DE ESCOBA



MAQUINA	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
MINI CARGADOR, ADITAMENTO DE ESCOBA	2020	59.1 Kw (79.25HP)	CATERPILLAR / 232D
DATOS FÍSICOS DE LA MÁQUINA			
Ancho Angular	<b>L =</b>	1.25	metros
Ancho efectivo de colocación =L - Lo	<b>W =</b>	1.220	metros
Ancho de traslape	<b>Lo =</b>	0.03	metros
Velocidad de trabajo	<b>V =</b>	1056.48	m/hr
Número de pasadas	<b>N =</b>	4	n
Limpieza de residuos (grava) en base y en carpeta colocada	<b>Hs =</b>	0.01	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		1897	metros
Factor volumétrico	<b>Fv =</b>	1	
Factor de compresibilidad	<b>Fc =</b>	1	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	1	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	1	
Distancia colocada ideal por día	<b>d =</b>	928.57	metros
Tiempo de limpieza por tramo colocado	<b>t =</b>	8	min
Factor de eficiencia del trabajo E=t * o	<b>E =</b>	0.6	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	0.0897	m
RENDIMIENTOS FINALES			
RENDIMIENTO POR HORA :	<b>QH =</b>	322.23	m3/hr
RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	<b>Pa =</b>	193.34	m2/hr
RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	<b>P =</b>	1.93	m3/hr

<b>DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023</b>			
Fecha	Distancia	Tiempo (hr)	Velocidad (m/hr)
28/1/2023	5100	5.08	1003.28
31/1/2023	6800.00	1.98	3428.57
6/2/2023	1400	2.72	515.34
7/2/2023	2200	5.07	434.21
8/2/2023	1900	3.13	606.38
9/2/2023	1100	2.2	500
10/2/2023	1800	1.98	907.56
Distancia total (m)	6500	Velocidad promedio (m/hr)	1056.48

El resultado de este primer mes en recopilación de información se obtuvo una distancia de 6.5 kilómetros, una *velocidad promedio de 1056.49 m/hr*, con un *rendimiento en volumen suelto de 1.93 m<sup>3</sup>/hr* respectivo a la limpieza del exceso de mezcla asfáltica y un *rendimiento real de 193.34 m<sup>2</sup>/hr*, de tal forma que la eficiencia del equipo a pesar de que se considera un 60% logra la limpieza en una iteración. Su operabilidad se debe analizar únicamente en las secciones que se necesiten como en bordes o centros de carretera.

## **Cálculos de rendimiento recopilado con información telemétrica SkyData para flota de transporte de mezcla asfáltica, inicio del programa con sensores telemétricos.**

**Nota:** SE CONSIDERA UNA EFICIENCIA DEL 60% EN EL TRANSPORTE DE LA MEZCLA, SIN EMBARGO, EN ESTE PERIODO EL PROYECTO SE VIÓ BENEFICIADO YA QUE LA PLANTA DE MEZCLA SE ENCUENTRA A 4 KILÓMETROS DEL PUNTO DE COLOCACIÓN, ESTA DISTANCIA SE ACRECENTA CON EL PASO DEL TIEMPO Y EL AVANCE DENTRO DEL PROYECTO.

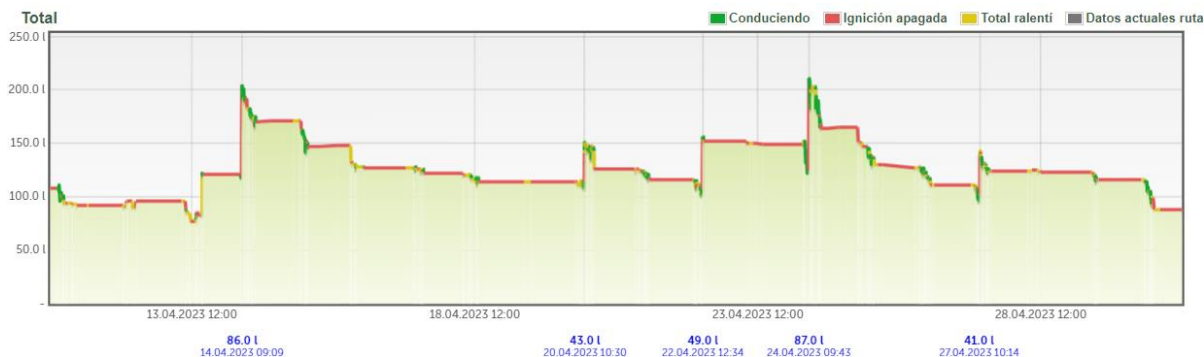
**ÚNICAMENTE DÍAS LABORADOS**

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO CAMIÓN DE VOLTEO 1



VEHÍCULO	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
CABEZAL	2007	180.93 Kw (246HP)	STERLING / LT8500
DATOS FÍSICOS DEL CAMIÓN			
Capacidad del camión	<b>Q =</b>	20	Toneladas
Tiempo de carga de camión	<b>tc =</b>	15.00	mins
Distancia recorrida para carga	<b>dc =</b>	4000	metros
Tiempo de recorrido a descarga	<b>td =</b>	20.00	min
Distancia camión colocado	<b>dd =</b>	48	m
Espesor de la capa asfáltica colocada	<b>Hs =</b>	0.05	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		1897	metros
Ancho de colocación	<b>A =</b>	3	metros
Factor de Conversión m3 a tonelada	<b>Fc =</b>	2.44	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	1	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	1	
Distancia colocada por día	<b>d =</b>	220	metros
Tiempo de colocación por camión (Aprox)	<b>td =</b>	12	min
Tiempo de vuelta a planta de asfalto	<b>tr =</b>	16	min
Velocidad de recorrido (vacío)	<b>Vv =</b>	52	km/h
Velocidad de recorrido (cargado)	<b>Vc =</b>	25.38	km/h
Factor de conversión por material transportado	<b>Fm =</b>	0.84	
Factor de eficiencia del trabajo $E=t * o$	<b>E =</b>	0.6	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	0.0897	m
RENDIMIENTOS FINALES			
TIEMPO DE CICLO DE TRABAJO	<b>Cm =</b>	105.21	mins
RENDIMIENTO REAL POR HORA:	<b>QH =</b>	17.86	m3/hr
RENDIMIENTO TEÓRICO POR HORA:	<b>Pa =</b>	17.57	m2/hr

## CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR CAMIÓN EN 1 SEMANA



<b>DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023</b>					
Fecha	Distancia (km)	Tiempo (hr)	Velocidad (km/hr)	Consumo en (L)	Consumo en (Gal)
11/4/2023	54.3	7.10	7.647887324	16	4.23
12/4/2023					
13/4/2023	11	4.78	2.299651568	5	1.32086
14/4/2023	69	3.8	18.15789474	36	9.510192
15/4/2023	53.9	5.08333333	10.60327869	23	6.075956
16/4/2023	3.8	5.56666667	0.682634731	21	5.547612
17/4/2023	8.9	5.56666667	1.598802395	5	1.32086
18/4/2023	11.5	6.11666667	1.880108992	8	2.113376
19/4/2023					
20/4/2023	21.9	5.41666667	4.043076923	31	8.189332
21/4/2023	19.1	2.35	8.127659574	10	2.64172
22/4/2023	25.8	3.66666667	7.036363636	13	3.434236
23/4/2023	0	1.71666667	0	3	0.792516
24/4/2023	167.3	6.75	24.78518519	71	18.756212
25/4/2023	19.1	4.43333333	4.308270677	38	10.038536
26/4/2023	20.8	5.71666667	3.638483965	16	4.226752
27/4/2023	41.4	6.68333333	6.194513716	28	7.396816
28/4/2023	0	3.18333333	0	1	0.264172
29/4/2023	11.9	2.23333333	5.328358209	7	1.849204
30/4/2023	29	6.6	4.393939394	28	7.396816
Distancia promedio	35.54375	Velocidad promedio	6.920381857	Consumo promedio (Gal)	5.28

Se tiene que durante este periodo el camión recorrió 35.54 kilómetros, tuvo una velocidad promedio de 6.92 km/hr y un consumo de combustible de 5.28 galones por día, lo cual quiere decir que en estos tiempos fueron considerados el tiempo en ralenti del equipo. Se toma en cuenta que al momento de colocación el camión en conjunto de su desplazamiento y consumo disminuye, por lo tanto, el consumo a menos que exista un traslado o un dren debe mantenerse en los demás equipos utilizados.

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO CAMIÓN DE VOLTEO 2



VEHÍCULO	MODELO	POTENCIA (KW)	MARCA /LÍNEA	
CABEZAL	2002	246 Kw (330 HP)	VOLVO / VNM	
DATOS FÍSICOS DEL CAMIÓN				
Capacidad del camión		<b>Q =</b>	20	Toneladas
Tiempo de carga de camión		<b>tc =</b>	15.00	mins
Distancia recorrida para carga		<b>dc =</b>	4000	metros
Tiempo de recorrido a descarga		<b>td =</b>	24.80	min
Distancia camión colocado		<b>dd =</b>	54.65	m
Espesor de la capa asfáltica colocada		<b>Hs =</b>	0.05	metros
CONDICIONES DE TRABAJO				
Altura sobre el nivel del mar			1897	metros
Ancho de colocación		<b>A =</b>	3	metros
Factor de Conversión m3 a tonelada		<b>Fc =</b>	2.44	
Factor de tiempo		<b>t =</b>	1	
Factor de mano de obra		<b>o =</b>	1	
Distancia colocada ideal por día		<b>d =</b>	220	metros
Tiempo de colocación por camión (Aprox)		<b>td =</b>	12	min
Tiempo de vuelta a planta de asfalto		<b>tr =</b>	14	min
Velocidad de recorrido (vacío)		<b>Vv =</b>	56	km/h
Velocidad de recorrido (cargado)		<b>Vc =</b>	27.2	km/h
Factor de conversión por material transportado		<b>Fm =</b>	0.84	
Factor de eficiencia del trabajo $E=t * o$		<b>E =</b>	0.6	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.		<b>h =</b>	0.0897	m
RENDIMIENTOS FINALES				
TIEMPO DE CICLO DE TRABAJO		<b>Cm =</b>	105.13	mins
RENDIMIENTO REAL POR HORA :		<b>QH =</b>	15.68	m3/hr
RENDIMIENTO TEÓRICO POR HORA:		<b>Pa =</b>	20.00	m2/hr

## CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR CAMIÓN EN 1 SEMANA



### DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023

Fecha	Distancia (km)	Tiempo (hr)	Velocidad (km/hr)	Consumo en (L)	Consumo en (Gal)
11/4/2023	59.6	1.93	30.82758621	23	6.08
12/4/2023					
13/4/2023	10.7	2.10	5.095238095	21+33	14.27
14/4/2023	69.1	3.63	19.01834862	29	7.66
15/4/2023	54	2.62	20.63694268	66	17.44
16/4/2023	3.7	1.02	3.639344262	7	1.85
17/4/2023	9	2.65	3.396226415	16	4.23
18/4/2023	11.3	2.5	4.52	11	2.91
19/4/2023					
20/4/2023	21.6	3.05	7.081967213	27	7.13
21/4/2023	19	2.32	8.201438849	26	6.87
22/4/2023	19.1	2.27	8.426470588	17	4.49
23/4/2023				3	0.792516
24/4/2023	26.4	1.65	16	31	8.19
25/4/2023	19	4.57	4.160583942	22	5.81
26/4/2023	166.3	6.9	24.10144928	128	33.81
27/4/2023	29.8	3.47	8.596153846	48	12.68
28/4/2023					
29/4/2023	23.8	2.47	9.648648649	27	7.13
30/4/2023	165.4	6.53	25.31632653	129	34.08
Distancia prom	44.2375	Velocidad prom	12.41667032	Consumo prom. (Gal)	10.32

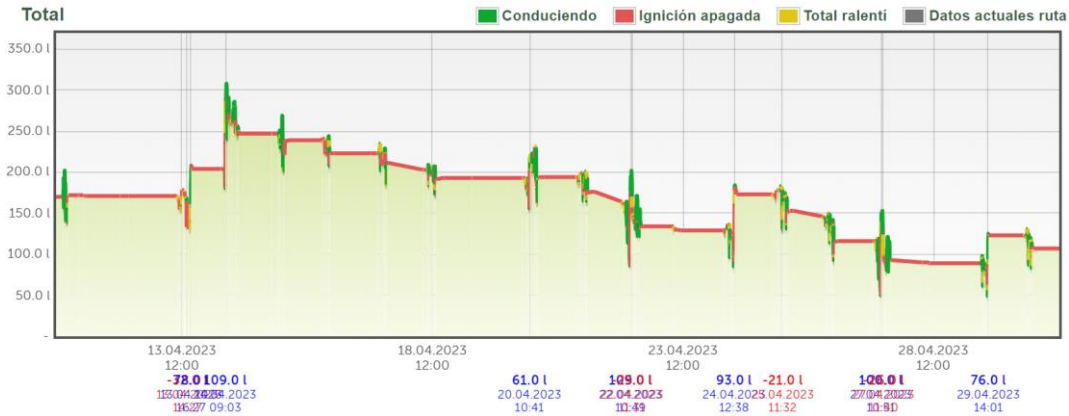
Existe una problemática con la recopilación de datos respecto al consumo del combustible ya que estos sensores representan un factor de cantidad en litros que si el camión se encuentra en movimiento por un terreno no uniforme (ya sea por mal estado, en subidas y bajadas) esto se reporta como un dren, a menos que el equipo se encuentre parado al momento de drenado, que se puede visualizar en el apartado de combustible en el detalle de cada equipo que se requiera analizar. En este caso se representa un dren con el equipo parado de 21 litros lo que para la empresa significó una alerta, sanción y un ahorro de combustible que posiblemente fue robado.

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO CAMIÓN DE VOLTEO 3



VEHÍCULO	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
CABEZAL	2000	246 Kw (330 HP)	VOLVO / VNL64TDAY
DATOS FÍSICOS DEL CAMIÓN			
Capacidad del camión	<b>Q =</b>	20	Toneladas
Tiempo de carga de camión	<b>tc =</b>	15.00	mins
Distancia recorrida para carga	<b>dc =</b>	4000	metros
Tiempo de recorrido a descarga	<b>td =</b>	24.80	min
Distancia camión colocado	<b>dd =</b>	54.65	m
Espesor de la capa asfáltica colocada	<b>Hs =</b>	0.05	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		1897	metros
Ancho de colocación	<b>A =</b>	3	metros
Factor de conversión m3 a tonelada	<b>Fc =</b>	2.44	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	1	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	1	
Distancia colocada ideal por día	<b>d =</b>	240	metros
Tiempo de colocación por camión	<b>td =</b>	12	min
Tiempo de vuelta a planta de asfalto	<b>tr =</b>	14	min
Velocidad de recorrido (vacío)	<b>Vv =</b>	56	km/h
Velocidad de recorrido (cargado)	<b>Vc =</b>	14.52	km/h
Factor de conversión por material transportado	<b>Fm =</b>	0.84	
Factor de eficiencia del trabajo $E=t * o$	<b>E =</b>	0.6	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	0.0897	m
RENDIMIENTOS FINALES			
TIEMPO DE CICLO DE TRABAJO	<b>Cm =</b>	128.24	mins
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	<b>QH =</b>	15.68	m3/hr
RENDIMIENTO TEÓRICO POR HORA:	<b>Pa =</b>	20.00	m2/hr

## CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR CAMIÓN EN 1 SEMANA



DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023					
Fecha	Distancia (km)	Tiempo (hr)	Velocidad (km/hr)	Consumo en (L)	Consumo en (Gal)
11/4/2023	54.2	1.92	28.27826087	0	0.00
12/4/2023					
13/4/2023	10.5	2.60	4.038461538	32+13	11.89
14/4/2023	69.1	4.25	16.25882353	66	17.44
15/4/2023	53.9	2.58	20.86451613	8	2.11
16/4/2023	5.4	1.52	3.56043956	16	4.23
17/4/2023	10.6	2.78	3.808383234	20	5.28
18/4/2023	11.4	2.33	4.885714286	10	2.64
19/4/2023					
20/4/2023	21.6	3.65	5.917808219	60	15.85
21/4/2023	19.1	2.8	6.821428571	18	4.76
22/4/2023	166.9	6.05	27.58677686	25+126	39.89
23/4/2023					
24/4/2023	32.1	2.17	14.81538462	49	12.94
25/4/2023	19.4	3.65	5.315068493	21+6	7.13
26/4/2023	20.8	2.7	7.703703704	30	7.93
27/4/2023	166	5.38	30.83591331	26+100	33.29
28/4/2023					
29/4/2023	30.5	2.6	11.73076923	42	11.10
30/4/2023	29.5	2.53	11.64473684	16	4.23
Distancia Prom	45.0625	Velocidad Prom	12.75413681	Consumo Prom (Gal)	11.29

Se tiene que durante este periodo el camión recorrió 45.06 kilómetros, tuvo una velocidad promedio de 12.75 km/hr y un consumo de combustible de 11.29 galones por día, el dren de este camión fue notorio y constante, por lo que su consumo es mayor. En este caso se procede a sancionar al piloto y en tan solo 16 días se obtuvo un retorno de aproximadamente 20.6 galones de combustible, lo cual equivale a 618 quetzales, siendo casi la mitad de la mensualidad de los sensores telemétricos de SkyData.

## **Cálculos de rendimiento recopilado con información telemétrica SkyData para maquinaria de asfalto, fin del programa con sensores telemétricos.**

**Nota:** SE CONSIDERAN LOS MISMOS VALORES PROPUESTOS EN EL INICIO DEL PROGRAMA, A DIFERENCIA DEL AUMENTO EN LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE COLOCACIÓN HASTA UN 70% RESPECTIVO AL PROCEDIMIENTO DE COLOCACIÓN DE MEZCLA, CONFORME AL TIEMPO DE ANÁLISIS DE LA MAQUINARIA.

**ÚNICAMENTE DÍAS LABORADOS**

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO PAVIMENTADORA ROADTEC 180 10



MÁQUINA	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
PAVIMENTADORA	2005	167.8 Kw (225HP)	ROADTEC / 180 10
DATOS FÍSICOS DE LA MÁQUINA			
Ancho de tolva	<b>L =</b>	<b>3.13</b>	metros
Ancho efectivo de colocación =L - Lo	<b>W =</b>	<b>3.000</b>	metros
Ancho de traslape	<b>Lo =</b>	<b>0.13</b>	metros
Velocidad de trabajo real promedio	<b>V =</b>	<b>436.84</b>	m/hr
Número de pasadas	<b>N =</b>	<b>1</b>	n
Espesor de capa asfáltica	<b>Hs =</b>	<b>0.05</b>	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		<b>1897</b>	metros
Factor volumétrico	<b>Fv =</b>	<b>1</b>	
Factor de compresibilidad	<b>Fc =</b>	<b>1</b>	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	<b>1</b>	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	<b>1</b>	
Distancia colocada por día promedio	<b>d =</b>	<b>4971.43</b>	metros
Tiempo de colocación por camión de 22 toneladas	<b>t =</b>	<b>12.45</b>	min
Factor de eficiencia del trabajo E=t * o	<b>E =</b>	<b>0.7</b>	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	<b>0.0897</b>	m
RENDIMIENTOS FINALES			
RENDIMIENTO POR HORA :	<b>QH =</b>	<b>2308.58</b>	m <sup>3</sup> /hr
RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	<b>Pa =</b>	<b>1872.17</b>	m <sup>2</sup> /hr

El rendimiento de la máquina es dependiente de su funcionamiento y el tiempo operacional. En el campo existen cronogramas que estipulan los días de trabajo dependientes a horarios y sobre todo si es en carreteras muy transcurridas por lo que en este caso se tiene un mejor rendimiento, pero se debe a que se extiende la jornada laboral diaria, pero se disminuyen la cantidad de días laborados. Teniendo un rendimiento real de 1872.17 m<sup>2</sup>/hr, mayor alcance en menos tiempo.

<b>DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023</b>			
Fecha	Distancia (m)	Tiempo (hr)	Velocidad (m/hr)
17/5/2023	4500	15.72	286.32
18/5/2023	1900	4.98	381.27
19/5/2023	1100	8.95	122.91
21/5/2023	6300	5.40	1166.67
24/5/2023	1800	7.07	254.72
25/5/2023	921	4.88	188.60
27/5/2023	949	12.23	77.57
29/5/2023	1100	22	50.00
31/5/2023	430	5.08	84.59
1/6/2023	4200	5.42	775.38
2/6/2023	1200	14.13	84.91
3/6/2023	3800	14.63	259.68
14/6/2023	5300	5.92	895.77
15/6/2023	1300	3.20	406.25
Distancia total (m)	34800.00	Velocidad promedio (m/hr)	359.62

Debido a que no son las mismas condiciones conforme al estado de análisis anterior (realizado en el mes de enero,2023) se toma en cuenta que las distancias hacia el punto de colocación de asfalto era aproximadamente 2 kilómetros, obteniendo así una *velocidad promedio de 360 m/hr*, Aumentando la eficiencia del equipo al 70% de su total capacidad ya que es necesaria la inducción de todos los operadores de los equipos de transporte de mezcla y maquinaria para la colocación de la misma.

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO MINICARGADOR CON ADITAMIENTO DE ESCOBA



MÁQUINA	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
MINI CARGADOR, ADITAMENTO DE ESCOBA	2020	59.1 Kw (79.25HP)	CATERPILLAR / 232D
DATOS FÍSICOS DE LA MÁQUINA			
Ancho angular	<b>L =</b>	1.25	metros
Ancho efectivo de colocación =L - Lo	<b>W =</b>	1.220	metros
Ancho de traslape	<b>Lo =</b>	0.03	metros
Velocidad de trabajo	<b>V =</b>	1803.90	m/hr
Número de pasadas	<b>N =</b>	4	n
Limpieza de residuos (grava) en base y en carpeta colocada	<b>Hs =</b>	0.01	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		1897	metros
Factor volumétrico	<b>Fv =</b>	1	
Factor de compresibilidad	<b>Fc =</b>	1	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	1	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	1	
Distancia colocada ideal por día	<b>d =</b>	4582.29	metros
Tiempo de limpieza por tramo colocado	<b>t =</b>	8	min
Factor de eficiencia del trabajo $E=t * o$	<b>E =</b>	0.7	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	0.0897	m
RENDIMIENTOS FINALES			
RENDIMIENTO POR HORA :	<b>QH =</b>	550.19	m <sup>3</sup> /hr
RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	<b>Pa =</b>	385.13	m <sup>2</sup> /hr
RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	<b>P =</b>	3.85	m <sup>3</sup> /hr

El rendimiento real del equipo en material retirado fue de 385.13 m<sup>2</sup>/hr, además de su rendimiento en volumen (suelto) de 3.85 m<sup>3</sup>/hr, lo cual nos indica que a pesar de la irregularidad (por pendientes y curvaturas de la carretera) este equipo pudo mejorar su capacidad de limpieza.

<b>DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023</b>			
Fecha	Distancia	Tiempo (hr)	Velocidad (m/hr)
13/6/2023	4300	2.42	1779.31
14/6/2023	8200	3.73	2196.43
15/6/2023	2500	0.98	2542.37
16/6/2023	2700	1.53	1760.87
17/6/2023	1400	0.98	1423.73
18/6/2023	776	0.63	1225.26
21/6/2023	1700	1.63	1040.82
29/6/2023	2400	1.37	1756.10
30/6/2023	1400	0.22	6461.54
1/7/2023	1300	1.68	772.28
5/7/2023	2600	2.33	1114.29
6/7/2023	3300	2.93	1125.00
7/7/2023	1300	1.67	780.00
8/7/2023	4000	3.13333333	1276.60
Distancia total (m)	32076.00	Velocidad promedio (m/hr)	1803.90

El equipo recorre grandes distancias ya que es necesario movilizar el equipo al punto de colocación y es dependiente a la cantidad de mezcla que debe ser retirada para seguir el proceso de colocación, siendo así una distancia total recorrida de 32.076 km y una velocidad promedio de 18.03 km/hr.

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO DOBLE RODO TÁNDEM AMMAN



MÁQUINA	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
DOBLE RODO TÁNDEM	2018	74 Kw (99HP)	AMMAN / AV110
DATOS FÍSICOS DE LA MÁQUINA			
Ancho del compactador	<b>L =</b>	1.882	metros
Ancho efectivo de compactación =L - Lo	<b>W =</b>	1.700	metros
Ancho de traslape	<b>Lo =</b>	0.182	metros
Velocidad de trabajo	<b>V =</b>	1217.36	m/hr
Número de pasadas	<b>N =</b>	4	n
Capa de rasante suelto (asfalto no compactado)	<b>Hs =</b>	0.05	metros
Capa de rasante compactada	<b>Hc =</b>	0.04	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		1200	metros
Factor volumétrico	<b>Fv =</b>	1	
Factor de compresibilidad	<b>Fc =</b>	1	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	1	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	1	
Factor de eficiencia del trabajo E=t * o	<b>E =</b>	0.7	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	0.02	m
RENDIMIENTOS FINALES			
RENDIMIENTO POR HORA :	<b>QH =</b>	517.38	m <sup>2</sup> /hr
RENDIMIENTO REAL :	<b>Pa =</b>	362.17	m <sup>2</sup> /hr
RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	<b>P =</b>	18.11	m <sup>3</sup> /hr
RENDIMIENTO EN VOLUMEN (compactado)	<b>Pc =</b>	14.49	m <sup>3</sup> /hr

Esta máquina tuvo una baja en su rendimiento debido a que debía compactar en curvaturas con pendiente, lo cual disminuye su productividad en comparación al asfaltado de una carretera lineal, por lo que su *rendimiento real fue de 362.17 m<sup>2</sup>/hr* y el *rendimiento en volumen (compactado) 14.49 m<sup>3</sup>/hr*.

<b>DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023</b>			
Fecha	Distancia	Tiempo (hr)	Velocidad (m/hr)
8/8/2023	3000	12.85	233.46
9/8/2023	5500	15.53	354.08
10/8/2023	5200	12.30	422.76
11/8/2023	11100	6.48	1712.08
14/8/2023	6600	12.20	540.98
15/8/2023	1400	8.82	158.79
16/8/2023	9000	4.25	2117.65
17/8/2023	5500	1.55	3548.39
18/8/2023	8200	3.17	2589.47
27/8/2023	6600	2.18	3022.90
28/8/2023	6700	12.20	549.18
2/9/2023	8500	11.87	716.29
3/9/2023	6900	12.02	574.20
4/9/2023	7400	14.72	502.83
Distancia total (m)	91600.00	Velocidad promedio (m/hr)	1217.36

Finalmente, se toman 14 días laborales, en donde su distancia final fue de 91.6 km, tomando en cuenta que su punto de colocación por día se encontraba a 2km del punto, por lo que la velocidad promedio alcanza los 1217.36 m/hr con varias iteraciones y una menor velocidad por los factores anteriormente mencionados.

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO RODO NEUMÁTICO AMMAN



MÁQUINA	MODELO	POTENCIA (KW)	MARCA /LÍNEA
RODO NEUMÁTICO	2018	74 Kw (99HP)	AMMAN / AP240
DATOS FÍSICOS DE LA MÁQUINA			
Ancho del compactador	<b>L =</b>	<b>2.1</b>	metros
Ancho efectivo de compactación =L - Lo	<b>W =</b>	<b>1.986</b>	metros
Ancho de traslape	<b>Lo =</b>	<b>0.114</b>	metros
Velocidad de trabajo	<b>V =</b>	<b>4802.91</b>	m/hr
Número de pasadas	<b>N =</b>	<b>14</b>	n
Capa de rasante suelto (asfalto no compactado)	<b>Hs =</b>	<b>0.05</b>	metros
Capa de rasante compactada	<b>Hc =</b>	<b>0.04</b>	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		<b>1897</b>	metros
Factor volumétrico	<b>Fv =</b>	<b>1</b>	
Factor de compresibilidad	<b>Fc =</b>	<b>1</b>	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	<b>1</b>	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	<b>1</b>	
Factor de eficiencia del trabajo E=t * o	<b>E =</b>	<b>0.7</b>	
Incremento del ciclo por altura s.n.m.	<b>h =</b>	<b>0.0897</b>	m
RENDIMIENTOS FINALES			
RENDIMIENTO POR HORA :	<b>QH =</b>	<b>681.33</b>	m <sup>2</sup> /hr
RENDIMIENTO REAL :	<b>Pa =</b>	<b>476.93</b>	m <sup>2</sup> /hr
RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	<b>P =</b>	<b>23.85</b>	m <sup>3</sup> /hr
RENDIMIENTO EN VOLUMEN (compactado)	<b>Pc =</b>	<b>19.08</b>	m <sup>3</sup> /hr

El compactador neumático tiene mejor versatilidad respecto a los radios de giro en sus distintos neumáticos, por lo que su rendimiento en volumen (compactado) 19.08 m<sup>3</sup>/hr no disminuye ni varía dependiendo del terreno a compactar, por otro lado, el rendimiento real de la máquina fue de 476.93 m<sup>2</sup>/hr sigue siendo un rendimiento adecuado a pesar del aumento en la eficiencia del equipo, según los cambios registrados.

<b>DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023</b>			
Fecha	Distancia	Tiempo (hr)	Velocidad (m/hr)
8/8/2023	9200	2.47	3729.73
9/8/2023	13700	3.15	4349.21
10/8/2023	14900	2.72	5484.66
11/8/2023	13400	4.05	3308.64
14/8/2023	15100	5.37	2813.66
15/8/2023	1600	0.70	2285.71
16/8/2023	17500	2.97	5898.88
17/8/2023	14800	1.93	7655.17
18/8/2023	19800	2.80	7071.43
27/8/2023	25700	5.08	5055.74
28/8/2023	19200	3.43	5592.23
2/9/2023	23600	4.40	5363.64
3/9/2023	14900	3.87	3853.45
4/9/2023	22300	4.67	4778.57
<b>Distancia total (m)</b>	<b>225700.00</b>	<b>Velocidad promedio (m/hr)</b>	<b>4802.91</b>

En los 14 días de análisis de esta segunda iteración se tiene una distancia recorrida final de 225.7 km por lo que su movimiento si fue significativo y las iteraciones se vieron reflejadas para la mejora en la eliminación de vacíos y cerramiento del poro en la mezcla asfáltica, a pesar de la distancia entre el punto de colocación y el campamento.

## **Cálculos de rendimiento recopilado con información telemétrica SkyData para flota de transporte de mezcla asfáltica, inicio del programa con sensores telemétricos.**

**Nota:** SE CONSIDERA UNA EFICIENCIA DEL 70% EN EL TRANSPORTE DE LA MEZCLA, SIN EMBARGO, EN ESTE PERIODO DEL ANÁLISIS SE TIENE UN MAYOR CONSUMO DEBIDO A LA LEJANÍA ENTRE PLANTA Y PUNTO DE COLOCACIÓN. ADEMÁS, ESTA DISTANCIA SE ACRECENTA CON EL PASO DEL TIEMPO Y EL AVANCE DENTRO DEL PROYECTO.

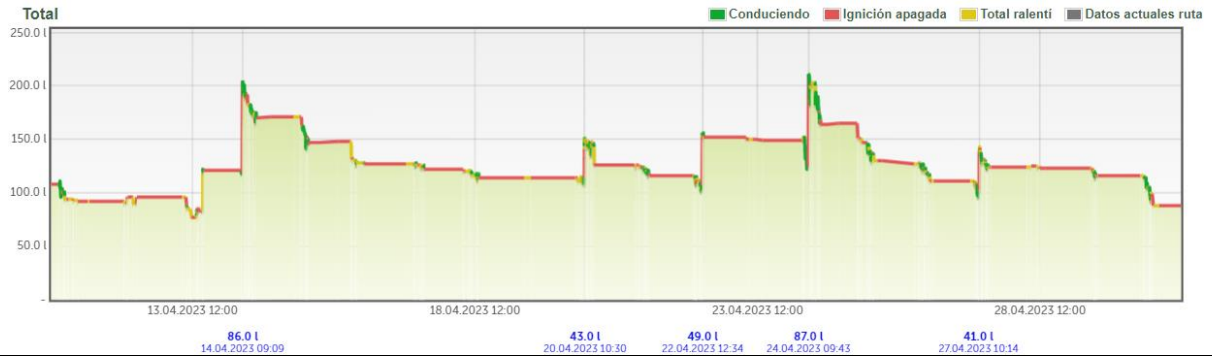
**ÚNICAMENTE DÍAS LABORADOS**

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO CAMIÓN DE VOLTEO 1



VEHÍCULO	MODELO	POTENCIA (KW)	MARCA /LÍNEA
GABEZAL	2007	180,93 Kw (246HP)	STERLING / LT8500
DATOS FÍSICOS DEL CAMIÓN			
Capacidad del camión	<b>Q =</b>	<b>20</b>	Toneladas
Tiempo de carga de camión	<b>tc =</b>	<b>15.00</b>	mins
Distancia recorrida para carga	<b>dc =</b>	<b>4000</b>	metros
Tiempo de recorrido a descarga	<b>td =</b>	<b>20.00</b>	min
Distancia camión colocado	<b>dd =</b>	<b>48</b>	m
Espesor de la capa asfáltica colocada	<b>Hs =</b>	<b>0.05</b>	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		<b>1300</b>	metros
Ancho de colocación	<b>A =</b>	<b>3</b>	metros
Factor de conversión m3 a tonelada	<b>Fc =</b>	<b>2.44</b>	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	<b>1</b>	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	<b>1</b>	
Distancia colocada por día	<b>d =</b>	<b>220</b>	metros
Tiempo de colocación por camión (Aprox)	<b>td =</b>	<b>12</b>	min
Tiempo de vuelta a planta de asfalto	<b>tr =</b>	<b>25</b>	min
Velocidad de recorrido (vacío)	<b>Vv =</b>	<b>52</b>	km/h
Velocidad de recorrido (cargado)	<b>Vc =</b>	<b>25.38</b>	km/h
Factor de conversión por material transportado	<b>Fm =</b>	<b>0.84</b>	
Factor de eficiencia del trabajo E=t * o	<b>E =</b>	<b>0.7</b>	
Incremento del ciclo por altura s,n,m,	<b>h =</b>	<b>0.03</b>	m
RENDIMIENTOS FINALES			
TIEMPO DE CICLO DE TRABAJO	<b>Cm =</b>	<b>114.21</b>	mins
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	<b>QH =</b>	<b>20.83</b>	m3/hr
RENDIMIENTO TEÓRICO POR HORA:	<b>Pa =</b>	<b>17.57</b>	m2/hr

## CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR CAMIÓN EN 1 SEMANA



### DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023

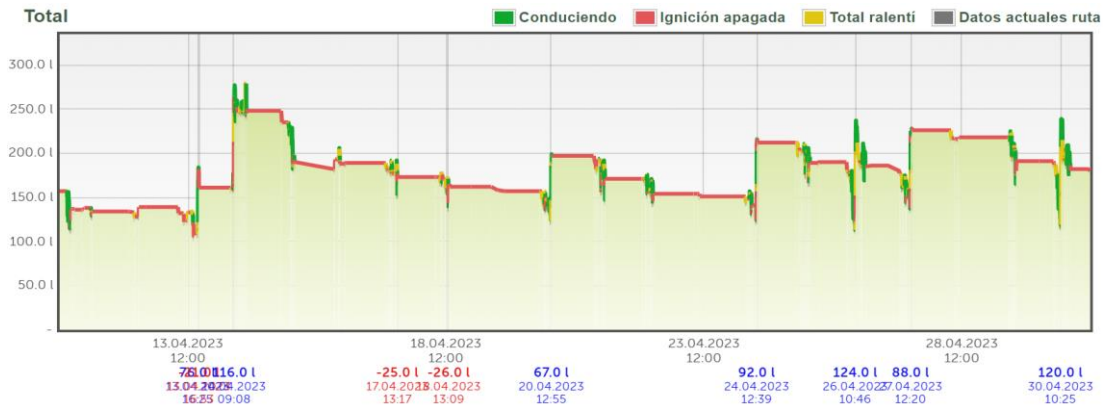
Fecha	Distancia (km)	Tiempo (hr)	Velocidad (km/hr)	Consumo en (L)	Consumo en (Gal)
1/9/2023	56.90	4.72	12.06	50	13.21
2/9/2023	57.40	6.37	9.02	44	11.62
3/9/2023	62.20	3.63	17.12	50	13.21
4/9/2023	N/A	N/A	N/A	3	0.79
5/9/2023	26.80	2.38	11.24	20	5.28
6/9/2023	271.70	15.63	17.38	69	18.23
7/9/2023	173.00	8.92	19.40	70	18.49
8/9/2023	186.80	16.27	11.48	80	21.13
9/9/2023	335.80	20.43	16.43	179	47.29
10/9/2023	193.90	11.95	16.23	61	16.11
11/9/2023	N/A	N/A	N/A	3	0.79
12/9/2023	261.10	15.47	16.88	66	17.44
13/9/2023	182.70	10.73	17.02	45+35	21.13
18/9/2023	183.10	13.97	13.11	22+51	19.28
19/9/2023	184.20	18.23	10.10	86	22.72
20/9/2023	187.10	17.00	11.01	106	28.00
21/9/2023	187.80	15.25	12.31	78	20.61
22/9/2023	188.10	11.05	17.02	83	21.93
23/9/2023	188.90	11.78	16.03	104	27.47
24/9/2023	189.30	7.90	23.96	87	22.98
26/9/2023	189.70	11.70	16.21	111	29.32
27/9/2023	187.20	18.35	10.20	93	24.57
28/9/2023	187.90	17.18	10.94	111	29.32
29/9/2023	188.30	14.17	13.29	255	67.36
30/9/2023	0.252	1.42	0.18	1	0.26
<b>Distancia promedio</b>	<b>168.267</b>	<b>Velocidad promedio</b>	<b>13.854</b>	<b>Consumo promedio (Gal)</b>	<b>22.478</b>

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO CAMIÓN DE VOLTEO 2



VEHÍCULO	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
CABEZAL	2002	246 Kw (330 HP)	VOLVO / VNM
DATOS FÍSICOS DEL CAMIÓN			
Capacidad del camión	<b>Q =</b>	<b>20</b>	Toneladas
Tiempo de carga de camión	<b>tc =</b>	<b>15.00</b>	mins
Distancia recorrida para carga	<b>dc =</b>	<b>4000</b>	metros
Tiempo de recorrido a descarga	<b>td =</b>	<b>24.80</b>	min
Distancia camión colocado	<b>dd =</b>	<b>54.65</b>	m
Espesor de la capa asfáltica colocada	<b>Hs =</b>	<b>0.05</b>	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		<b>1300</b>	metros
Ancho de colocación	<b>A =</b>	<b>3</b>	metros
Factor de conversión m3 a tonelada	<b>Fc =</b>	<b>2.44</b>	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	<b>1</b>	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	<b>1</b>	
Distancia colocada ideal por día	<b>d =</b>	<b>220</b>	metros
Tiempo de colocación por camión (Aprox)	<b>td =</b>	<b>12</b>	min
Tiempo de vuelta a planta de asfalto	<b>tr =</b>	<b>25</b>	min
Velocidad de recorrido (vacío)	<b>Vv =</b>	<b>56</b>	km/h
Velocidad de recorrido (cargado)	<b>Vc =</b>	<b>27.2</b>	km/h
Factor de conversión por material transportado	<b>Fm =</b>	<b>0.84</b>	
Factor de eficiencia del trabajo $E=t * o$	<b>E =</b>	<b>0.7</b>	
Incremento del ciclo por altura s,n,m,	<b>h =</b>	<b>0.03</b>	m
RENDIMIENTOS FINALES			
TIEMPO DE CICLO DE TRABAJO	<b>Cm =</b>	<b>116.13</b>	mins
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	<b>QH =</b>	<b>18.30</b>	m3/hr
RENDIMIENTO TEÓRICO POR HORA:	<b>Pa =</b>	<b>20.00</b>	m2/hr

## CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR CAMIÓN EN 1 SEMANA



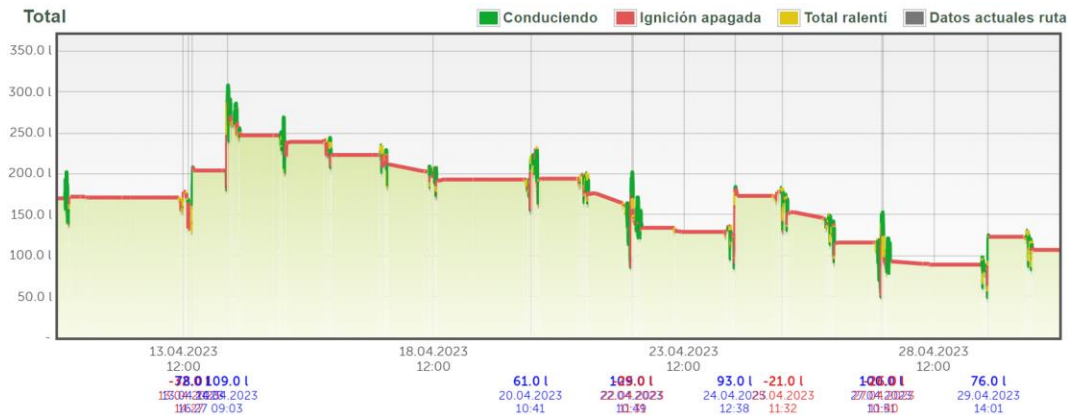
DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023					
Fecha	Distancia (km)	Tiempo (hr)	Velocidad (km/hr)	Consumo en (L)	Consumo en (Gal)
1/9/2023	62.70	5.27	11.91	39	10.30
2/9/2023	57.60	4.45	12.94	65	17.17
3/9/2023	57.30	4.95	11.58	25+31	14.79
4/9/2023	N/A	N/A	N/A	2	0.53
5/9/2023	10.00	1.23	8.11	28	7.40
6/9/2023	261.50	10.93	23.92	105	27.74
7/9/2023	180.40	7.90	22.84	64	16.91
8/9/2023	307.40	12.03	25.55	176	46.49
9/9/2023	179.30	9.42	19.04	28+53	21.40
10/9/2023	185.80	6.60	28.15	77	20.34
11/9/2023	181.10	7.35	24.64	76	20.08
12/9/2023	184.60	7.98	23.12	84	22.19
13/9/2023	182.90	6.55	27.92	22+40	16.38
18/9/2023	185.20	6.53	28.35	74	19.55
19/9/2023	183.80	7.48	24.56	81	21.40
20/9/2023	184.60	7.22	25.58	85	22.45
21/9/2023	188.90	7.23	26.12	20+64	22.19
22/9/2023	189.10	7.80	24.24	70	18.49
23/9/2023	189.40	6.93	27.32	71	18.76
24/9/2023	186.90	7.32	25.54	24+74	25.89
25/9/2023	N/A	N/A	N/A	3	0.79
26/9/2023	190.60	7.77	24.54	47	12.42
27/9/2023	186.90	7.13	26.20	23+67	23.78
28/9/2023	188.50	7.73	24.38	78	20.61
29/9/2023	188.30	7.37	25.56	24+58	21.66
30/9/2023	0.229	0.10	2.29	1	0.26
Distancia prom	163.043	Velocidad prom	21.849	Consumo prom (Gal)	19.527

## CÁLCULO DE RENDIMIENTO CAMIÓN DE VOLTEO 3



VEHÍCULO	MODELO	POTENCIA (Kw)	MARCA /LÍNEA
CABEZAL	2000	246 Kw (330 HP)	VOLVO / VNL64TDAY
DATOS FÍSICOS DEL CAMIÓN			
Capacidad del camión	<b>Q =</b>	<b>20</b>	Toneladas
Tiempo de carga de camión	<b>tc =</b>	<b>15.00</b>	mins
Distancia recorrida para carga	<b>dc =</b>	<b>4000</b>	metros
Tiempo de recorrido a descarga	<b>td =</b>	<b>24.80</b>	min
Distancia camión colocado	<b>dd =</b>	<b>54.65</b>	m
Espesor de la capa asfáltica colocada	<b>Hs =</b>	<b>0.05</b>	metros
CONDICIONES DE TRABAJO			
Altura sobre el nivel del mar		<b>1300</b>	metros
Ancho de colocación	<b>A =</b>	<b>3</b>	metros
Factor de conversión m3 a tonelada	<b>Fc =</b>	<b>2.44</b>	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	<b>1</b>	
Factor de mano de obra	<b>o =</b>	<b>1</b>	
Distancia colocada ideal por día	<b>d =</b>	<b>240</b>	metros
Tiempo de colocación por camión	<b>td =</b>	<b>12</b>	min
Tiempo de vuelta a planta de asfalto	<b>tr =</b>	<b>25</b>	min
Velocidad de recorrido (vacío)	<b>Vv =</b>	<b>56</b>	km/h
Velocidad de recorrido (cargado)	<b>Vc =</b>	<b>14.52</b>	km/h
Factor de conversión por material transportado	<b>Fm =</b>	<b>0.84</b>	
Factor de eficiencia del trabajo $E=t * o$	<b>E =</b>	<b>0.7</b>	
Incremento del ciclo por altura s,n,m,	<b>h =</b>	<b>0.03</b>	m
RENDIMIENTOS FINALES			
TIEMPO DE CICLO DE TRABAJO	<b>Cm =</b>	<b>139.24</b>	mins
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	<b>QH =</b>	<b>18.30</b>	m3/hr
RENDIMIENTO TEÓRICO POR HORA:	<b>Pa =</b>	<b>20.00</b>	m2/hr

## CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR CAMIÓN EN 1 SEMANA



### DATOS EXPERIMENTALES SKYDATA 2023

Fecha	Distancia (km)	Tiempo (hr)	Velocidad (km/hr)	Consumo en (L)	Consumo en (Gal)
1/9/2023	59.50	4.88	12.18	113	29.85
2/9/2023	57.60	4.18	13.77	92	24.30
3/9/2023	110.00	6.65	16.54	86+74	42.27
5/9/2023	13.40	2.07	6.48	37	9.77
6/9/2023	282.70	9.70	29.14	115	30.38
7/9/2023	176.20	6.43	27.39	62	16.38
8/9/2023	180.00	6.77	26.60	56	14.79
9/9/2023	337.30	12.27	27.50	302	79.78
10/9/2023	207.30	6.43	32.22	88	23.25
11/9/2023	180.80	8.15	22.18	93	24.57
12/9/2023	178.70	8.25	21.66	68	17.96
13/9/2023	258.30	11	23.48	88	23.25
15/9/2023	N/A	N/A	N/A	46	12.15
16/9/2023	20.10	3.37	5.97	27	7.13
17/9/2023	N/A	N/A	N/A	1	0.26
19/9/2023	271.70	10.18	26.68	115	30.38
20/9/2023	187.20	6.88	27.20	55	14.53
21/9/2023	188.60	6.57	28.72	80	21.13
22/9/2023	188.30	6.13	30.70	59	15.59
23/9/2023	186.20	6.60	28.21	61	16.11
24/9/2023	195.90	6.30	31.10	76	20.08
25/9/2023	14.00	0.95	14.74	2	0.53
26/9/2023	13.50	1.00	13.50	11	2.91
27/9/2023	187.40	7.28	25.73	58	15.32
28/9/2023	194.80	7.78	25.03	83	21.93
29/9/2023	189.00	9.30	20.32	88	23.25
30/9/2023	75.70	4.02	18.85	18	4.76
<b>Distancia prom</b>	158.168	<b>Velocidad prom</b>	22.236	<b>Consumo prom (Gal)</b>	20.097

## 9.7. Análisis costo beneficio del equipo con dispositivos telemétricos

Se tiene como análisis la renta de un tren de colocación de asfalto durante un mes de operación con sus respectivos gastos involucrados dentro de su operación como en la mano de obra aplicada. Sin embargo, se toman los gastos influyentes tales como la inversión de los sensores y la mensualidad respectiva de la aplicación de los sensores.

Análisis de flujo de efectivo en tren de colocación de asfalto					
Periodo	Inversión	Mensualidad	Ingresos	Egresos	
0	Q 8,300.00	Q 840.00	Q -	Q -	
1			Q 18,325.00	Q 16,000.00	
2			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
3			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
4			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
5			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
6			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
7			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
8			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
9			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
10			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
11			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
12			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
13			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
14			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
15			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
16			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
17			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
18			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
19			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
20			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
21			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
22			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
23			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
24			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
25			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
26			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
27			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
28			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
29			Q 18,325.00	Q 12,000.00	
30			Q 18,325.00	Q 16,000.00	
			Q 549,750.00	Q 368,000.00	

(Fuente: Marqsa Corp., 2023).

Inversión	8300
Mensualidad	840
Ingresos mensuales	Q 549,750.00
Egresos Mensuales	Q 368,000.00
Egresos Totales	Q 377,140.00
ACB	46%

Análisis costo-beneficio Marqsa Corp. 2023

(Fuente: Propia)

**9.8. Análisis del flujo de efectivo de los gastos incurridos sin el control telemétrico en la flota de colocación de asfalto.**

<b>Análisis de flujo de efectivo en tren de colocación de asfalto</b>				
Periodo	Inversión	Mensualidad	Ingresos	Egresos
0			Q -	Q -
1			Q 18,325.00	Q 16,000.00
2			Q 18,325.00	Q 13,020.00
3			Q 18,325.00	Q 13,020.00
4			Q 18,325.00	Q 13,020.00
5			Q 18,325.00	Q 13,020.00
6			Q 18,325.00	Q 13,020.00
7			Q 18,325.00	Q 13,020.00
8			Q 18,325.00	Q 13,020.00
9			Q 18,325.00	Q 13,020.00
10			Q 18,325.00	Q 13,020.00
11			Q 18,325.00	Q 13,020.00
12			Q 18,325.00	Q 13,020.00
13			Q 18,325.00	Q 13,020.00
14			Q 18,325.00	Q 13,020.00
15			Q 18,325.00	Q 13,020.00
16			Q 18,325.00	Q 13,020.00
17			Q 18,325.00	Q 13,020.00
18			Q 18,325.00	Q 13,020.00
19			Q 18,325.00	Q 13,020.00
20			Q 18,325.00	Q 13,020.00
21			Q 18,325.00	Q 13,020.00
22			Q 18,325.00	Q 13,020.00
23			Q 18,325.00	Q 13,020.00
24			Q 18,325.00	Q 13,020.00
25			Q 18,325.00	Q 13,020.00
26			Q 18,325.00	Q 13,020.00
27			Q 18,325.00	Q 13,020.00
28			Q 18,325.00	Q 13,020.00
29			Q 18,325.00	Q 13,020.00
30			Q 18,325.00	Q 17,020.00
			Q 549,750.00	Q 397,580.00

(Fuente: Marqsa Corp., 2023).

Inversión	0
Mensualidad	0
Ingresos mensuales	Q 549,750.00
Egresos Mensuales	Q 397,580.00
Egresos Totales	Q 397,580.00
ACB	38%

Análisis costo-beneficio Marqsa Corp. Sin dispositivos telemétricos, 2023.

(Fuente: Propia)

Para analizar el rendimiento de estos dispositivos se utilizó el análisis costo beneficio de adquirir dichos dispositivos en el funcionamiento y operación de los equipos de colocación de asfalto por lo que al hacer la respectiva comparativa es posible determinar que se tiene un rendimiento superior del 7.5% en el proceso de colocación de asfalto. Teniendo como resultado un ahorro de 20,440 quetzales aproximadamente al mes y generando mejores resultados en el proceso constructivo, con mejor calidad en un menor tiempo.

## 9.9. Rendimiento final de los equipos del tren de colocación de asfalto

<b>COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO FINAL MINI CARGADOR CAT 232D</b>			
<b>VALORES TEÓRICOS</b>			
RENDIMIENTO POR HORA :	RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	EFICIENCIA
m <sup>3</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	%
305	183	1.83	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 1</b>			
RENDIMIENTO POR HORA :	RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	%
322.23	193.34	1.93	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 2</b>			
RENDIMIENTO POR HORA :	RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	%
550.9	385.13	3.85	70

Comparación de rendimiento final minicargador CAT 232D, 2023.

(Fuente: Propia)

Se tiene una mejora en su implementación y el rendimiento en el volumen de limpieza por lo que el terreno jugó un papel crucial respectivo a que en el proyecto 2 era una superficie recta mientras que en el proyecto 1 había curvas y pendientes

<b>COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO FINAL RODO TÁNDEM AMMAN AV110</b>				
<b>VALORES TEÓRICOS</b>				
RENDIMIENTO POR HORA :	RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (compactado)	EFICIENCIA
m <sup>3</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	%
930.75	558.45	27.92	22.34	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 1</b>				
RENDIMIENTO POR HORA :	RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (compactado)	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	%
1009.84	605.91	30.3	24.24	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 2</b>				
RENDIMIENTO POR HORA :	RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (compactado)	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	%
517.38	362.17	18.11	14.49	70

Comparación de rendimiento rodo tandem AMMAN AV110, 2023.

(Fuente: Propia)

Su velocidad de compactación disminuyó, el tiempo de descarga es demasiado alto debido a la lejanía de la planta de asfalto y el punto de colocación, por lo que su rendimiento se vio afectado con respecto al volumen colocado.

<b>COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO FINAL RODO NEUMÁTICO AMMAN AP240</b>				
<b>VALORES TEÓRICOS</b>				
RENDIMIENTO POR HORA :	RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (compactado)	EFICIENCIA
m <sup>3</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	%
709.29	425.57	21.28	17.02	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 1</b>				
RENDIMIENTO POR HORA :	RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (compactado)	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	%
1149.04	689.43	34.37	27.58	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 2</b>				
RENDIMIENTO POR HORA :	RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (suelto)	RENDIMIENTO EN VOLUMEN (compactado)	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	m <sup>3</sup> /hr	%
681.33	476.93	23.85	19.08	70

Comparación de rendimiento rodo neumático AMMAN AP240, 2023.

(Fuente: Propia)

Su velocidad de compactación disminuyó, el tiempo de descarga es demasiado alto debido a la lejanía de la planta de asfalto y el punto de colocación, por lo que su rendimiento se vio afectado con respecto al volumen colocado.

<b>COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO FINAL PAVIMENTADORA ROAD TEC 180 10</b>		
<b>VALORES TEÓRICOS</b>		
RENDIMIENTO POR HORA :	RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	EFICIENCIA
m <sup>3</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	%
709.29	425.57	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 1</b>		
RENDIMIENTO POR HORA :	RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	%
1149.04	689.43	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 2</b>		
RENDIMIENTO POR HORA :	RENDIMIENTO REAL (en metro lineal):	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	%
681.33	476.93	70

Comparación de rendimiento pavimentadora ROAD TEC 180 10, 2023.

(Fuente: Propia)

Su velocidad de colocación disminuyó, el tiempo de descarga es demasiado alto debido a la lejanía de la planta de asfalto y el punto de colocación, por lo que su rendimiento se vio afectado con respecto al volumen colocado. Aunque se mejora el proceso de colocación de asfalto un 10%.

<b>COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO FINAL CAMIÓN DE VOLTEO 1</b>			
<b>VALORES TEÓRICOS</b>			
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	RENDIMIENTO TEÓRICO (en metro lineal):	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	EFICIENCIA
m <sup>3</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	Gal	%
15.68	20	Teórico	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 1</b>			
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	RENDIMIENTO TEÓRICO (en metro lineal):	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	Gal	%
17.86	17.56	5.28	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 2</b>			
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	RENDIMIENTO TEÓRICO (en metro lineal):	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	Gal	%
18.3	20	20.097	70

Comparación de rendimiento camión de volteo 1, 2023.

(Fuente: Propia)

Su velocidad de descarga disminuyó, el tiempo de la planta al punto de colocación es demasiado alto debido a la lejanía de la planta de asfalto, por lo que su rendimiento se vio afectado con respecto al volumen colocado.

<b>COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO FINAL CAMIÓN DE VOLTEO 2</b>			
<b>VALORES TEÓRICOS</b>			
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	RENDIMIENTO TEÓRICO (en metro lineal):	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	EFICIENCIA
m <sup>3</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	Gal	%
15.68	20	Teórico	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 1</b>			
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	RENDIMIENTO TEÓRICO (en metro lineal):	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	Gal	%
15.68	20	10.32	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 2</b>			
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	RENDIMIENTO TEÓRICO (en metro lineal):	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	Gal	%
18.3	20	19.527	70

Comparación de Rendimiento Camión de Volteo 2, 2023.

(Fuente: Propia)

Su velocidad de descarga disminuyó, el tiempo de la planta al punto de colocación es demasiado alto debido a la lejanía de la planta de asfalto, por lo que su rendimiento se vio afectado con respecto al volumen colocado.

<b>COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO FINAL CAMIÓN DE VOLTEO 3</b>			
<b>VALORES TEÓRICOS</b>			
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	RENDIMIENTO TEÓRICO (en metro lineal):	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	EFICIENCIA
m <sup>3</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	Gal	%
15.68	20	teórico	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 1</b>			
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	RENDIMIENTO TEÓRICO (en metro lineal):	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	Gal	%
15.68	20	11.29	60
<b>VALORES REALES SKYDATA 2</b>			
RENDIMIENTO REAL POR HORA :	RENDIMIENTO TEÓRICO (en metro lineal):	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	EFICIENCIA
m <sup>2</sup> /hr	m <sup>2</sup> /hr	Gal	%
18.3	20	20.097	70

Comparación de rendimiento camión de volteo 3, 2023.

(Fuente: Propia)

Su velocidad de descarga disminuyó, el tiempo de la planta al punto de colocación es demasiado alto debido a la lejanía de la planta de asfalto, por lo que su rendimiento se vio afectado con respecto al volumen colocado.



## **Análisis y discusión de resultados**

---

### **10.1. Discusión de los sensores telemétricos y su influencia en los procesos de colocación de asfalto para el control y gestión del equipo de colocación**

El análisis del proceso de colocación de la carpeta asfáltica depende mucho de las condiciones, dimensiones y necesidades del proyecto, por lo que es necesario establecer las métricas y los avances estimados según las experiencias obtenidas, aunque no necesariamente sean las mismas. Por ende, es necesario que los equipos telemétricos partan de un análisis antes de iniciar la obra y durante el proceso de ejecución se puedan eficientizar los procesos de carga, descarga y tendido de la carpeta asfáltica. Se pudo determinar posterior a hacer la comparativa del proceso de colocación previo a los sensores telemétricos y después de colocarlos en los equipos y vehículos de transporte que si influyen de manera significativa en el proceso y en la economía de la empresa por lo que es recomendable su aplicación, control y gestión dentro de los equipos de construcción empleados para la colocación de asfalto.

Por ende, la diversidad de los equipos conlleva a un análisis individual dependiente de la función de cada equipo y operario en donde se debe establecer procedimientos estándar, tomar en cuenta el factor de accesos, lo cual quiere decir que se deben visualizar las rutas y utilizar un cronograma respectivo para que los tiempos de colocación de asfalto y las métricas que sean recopiladas por los sensores puedan establecerse y únicamente chequear que los objetivos y alcances del proyecto sean alcanzados según las metas planteadas por parte de la empresa.

El control de una flota conlleva consigo muchos beneficios que se derivan de la implementación de un sistema de control mediante sensores que proveen métricas relevantes para el desarrollo y generación de información de un proyecto. Por lo tanto, se reconoce la importancia de maximizar la eficiencia y de las operaciones en una constructora, en este caso en un tren de colocación de asfalto.

Finalmente, el control de una flota de maquinaria para la colocación de asfalto mediante tecnología avanzada nos proporciona una visión clara y precisa de los avances en las actividades operativas. Esta visibilidad en tiempo real permite monitorear el rendimiento de cada máquina, identificar posibles rutas que eficientizan el proceso y optimizar la asignación de recursos para cumplir con los plazos establecidos. Al tener acceso a datos detallados sobre el uso de la maquinaria, podemos tomar decisiones informadas que nos permitan ajustar nuestras estrategias operativas de manera ágil y eficiente tal como se muestra en el caso de la maquinaria de Marqsa Corporation sobre su tren de colocación de asfalto.

Además de mejorar la eficiencia, el control de la flota de maquinaria también tiene un impacto significativo en la seguridad de empleados y activos. Al implementar los sistemas de monitoreo y alerta temprana, podemos identificar y abordar rápidamente cualquier anomalía o riesgo potencial en el funcionamiento de las máquinas. Esto no solo reduce el riesgo de accidentes y daños materiales, sino que también promueve una cultura de seguridad en toda la organización tanto para la empresa como para quien la contrate.

En resumen, la implementación de un sistema de control de flota de maquinaria representa una inversión estratégica que permite visualizar los avances y alcanzar metas de manera más eficiente y segura. Al aprovechar la tecnología para optimizar nuestras operaciones, tomando una posición de ventaja competitiva y sentando las bases para un crecimiento sostenible a largo plazo con un control telemétrico y generalizado.

## Conclusiones

---

La inversión en equipos y la adquisición de membresías para sensores telemétricos se promueve como una ventaja significativa en la operación y eficiencia de los equipos de colocación de asfalto. El monitoreo constante del proceso y la mejora continua del rendimiento tanto de las máquinas como de los operarios se convierten en factores determinantes para optimizar la producción.

Se observa un incremento en la eficiencia de cada máquina, con un aumento promedio del rendimiento del 10.05%.

El análisis costo-beneficio realizado evidencia un incremento del 7.5% en el rendimiento total después de la inversión en los equipos de control telemétrico. Esta mejora justifica la inversión inicial realizada, demostrando su impacto positivo en la eficiencia operativa.

La comparación del funcionamiento del tren de colocación de asfalto antes y después de la implementación del sistema de monitoreo y control arroja un ahorro considerable de Q20,440. Este resultado refleja la eficacia del sistema en la optimización de recursos y la reducción de costos operativos.



### **Recomendaciones**

---

A SkyData, se le recomienda la implementación o creación de sensores para el control del consumo de combustibles en maquinaria ya que podría tener un impacto significativo en el manejo del recurso del combustible en los equipos de operación.

A los profesionales, se les recomienda que si adquieren estos equipos se deben de establecer las métricas más relevantes para el proceso constructivo de tal forma que al momento de realizar la comparativa ya se tenga previsto qué factores se deben mejorar.

A los estudiantes, se les recomienda abarcar los demás procesos que involucran equipos de maquinaria pesada con la finalidad de evidenciar los demás beneficios de la implementación de este sistema de control.

A la Universidad del Valle, se le recomienda implementar un curso de conocimiento de los equipos de maquinaria pesada, requisitos de la maquinaria y los tipos de rendimiento que se deberían manejar para que los profesionales que se formen sean capaces de identificar los equipos y mejorar los procesos constructivos.

A los empresarios, se les recomienda implementar estos equipos ya que promueven la mejora continua de los procesos, reduce el consumo del combustible y mejora la estabilidad económica de una empresa por el buen manejo de los recursos y los procesos implementados.

A los empresarios, se les recomienda delimitar los tipos de KPI'S que serán cruciales para la ejecución y análisis de los sensores dependientes al proceso constructivo que se llevará a cabo.



---

## Referencias

---

Acuerdo Ministerial No. 71-2009. (MAGA, 2009).

Alfonso Rico Rodríguez, Hermilo del Castillo Mejía, (2010). Consideraciones sobre compactación de suelos en obra de infraestructura de transporte. Queretano, México. Secretaria de comunicaciones y transportes.

Alonso, R. (2015). Por qué interesa crear un mini-holding de empresas. Emprendedores. Recuperado el 5 de febrero de 2019 de:

<https://www.emprendedores.es/gestion/a55823/como-crear-un-holding-de-empresas-ventajas-fiscales-financieras-imagen/>.

AMMAN GROUP (2022). “Rodillos Tándem Articulados”. SERIES ARX Y AVX EU Stage IIIA / U.S. EPA Tier 3. Los datos de materiales y especificaciones están sujetos a cambios sin aviso previo. MPB-2680-00-S1.

[https://www.ammann.com/wp-content/uploads/arx-avx\\_articulated\\_tandem-rollers\\_brochure\\_mpb-2680-00-s1\\_211119.pdf](https://www.ammann.com/wp-content/uploads/arx-avx_articulated_tandem-rollers_brochure_mpb-2680-00-s1_211119.pdf)

Breno (2021). “¿Qué es una obra pública? 4 aspectos importantes”. Obras Públicas. Instituto de Ciencias de Hegel. Jesús María, Perú.

<https://hegel.edu.pe/blog/que-es-una-obra-publica-4-aspectos-importantes/>

Coates H. (2020). “How telemetry is re-shaping the construction sector”. It News. iTnews.com.au

<https://www.itnews.com.au/feature/how-telemetry-is-re-shaping-the-construction-sector-553422>

CommSystems Ltd (2022). “Telemetry & Paging for Construction Projects”. Telematics plays a vital role in the construction process. CommSystems.

<https://www.commsystems.asia/Telemetry-Paging-construct.html>

Construction & DIY (s.f.). “Understanding telemetry”. Construction Companies & Builders, General Engineering. Smart Buildings.

<https://showme.co.za/cape-town/industry/construction-diy/understanding-telemetry/>

CRG (1992). “6 LEY DE CONTRATACIONES DEL ESTADO DECRETO DEL CONGRESO 57-92”. Congreso de la república de Guatemala. Guatemala.

[https://www.contraloria.gob.gt/imagenes/i\\_docs/i\\_leg\\_ley/6%20LEY%20DE%20CONTRATACIONES%20DEL%20ESTADO%20DECRETO%20DEL%20CONGRESO%2057-92%20\(1\).pdf](https://www.contraloria.gob.gt/imagenes/i_docs/i_leg_ley/6%20LEY%20DE%20CONTRATACIONES%20DEL%20ESTADO%20DECRETO%20DEL%20CONGRESO%2057-92%20(1).pdf)

Casanova M. (2002). “Topografía Plana”. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería, Departamento de Vías. ISBN 980-11-0672-7. Mérida, España.

[http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/topografia\\_plana/pdf/topografia.pdf](http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/topografia_plana/pdf/topografia.pdf)

Bunni, N. (2003). Risk and insurance in construction. 2nd Edition Routledge, Taylor & Francis Group, (London), 496 pages.

<https://doi.org/10.4324/9780203476543>.

CIV (2022). “Quiénes somos, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV)”. Guatemala, Guatemala.

<http://www.civ.gob.gt/web/guest/institucional/quienes-somos>

Construcciones ALMROZARA2000 (2018). “La Importancia De La Topografía En Obra Civil”. Zaragoza, España.

<https://almazara2000.es/la-importancia-la-topografia-obra-civil/>

CIENTEC (2022). “Tipos de Nivelación Topográfica”. Instrumentos Científicos S.A. servicio técnico para topografía y Geodesia. Región Metropolitana, Chile.

<https://cientecinstrumentos.cl/tipos-de-nivelacion-topografica/#:~:text=La%20nivelaci%C3%B3n%20topogr%C3%A1fica%2C%20es%20un%20plano%20de%20referencia%20determinado.>

CMIC, El Debate, Forbes. (2022). “¿Qué Caracteriza A La Obra Privada?”. VISE, Empresa constructora de México. México.

<https://blog.vise.com.mx/que-caracteriza-a-la-obra-privada>

Céspedes A. (2019). “Proceso de producción y colocación de mezcla asfáltica en caliente empleando una planta de asfalto móvil.”. Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad de Piura Lima, Perú.

[https://pirhua.udel.edu.pe/bitstream/handle/11042/4265/TSP\\_ICI\\_016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udel.edu.pe/bitstream/handle/11042/4265/TSP_ICI_016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Chinchore, N. & Khare, P. (2014). Planning and selection of heavy construction equipment in civil engineering. *Journal of Engineering Research and Applications*, 4 (1), 29-31.

[https://www.ijera.com/papers/Vol4\\_issue12/Part%20-%201/E0412012931.pdf](https://www.ijera.com/papers/Vol4_issue12/Part%20-%201/E0412012931.pdf).

Diseño de Mezclas (s.f.). “*Diseño de mezclas Asfálticas*”. Diseño de carpetas de rodadura. Capítulo 7. Secretaría de comunicaciones y transportes. Distrito Federal, México.

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10577/Capitulo7.pdf>

DGC (2022). “Dirección General de Caminos”. Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y vivienda. Guatemala, Guatemala.

<https://caminos.gob.gt/quienes-somos.html>

EcuRed (2022). “Altimetría”.

<https://www.ecured.cu/Altimetr%C3%ADa>

EcoSys (2022). “Gestión del valor ganado Conceptos básicos”. HEXAGON.

[https://www.ecosys.net/es/conocimientos/gestion-del-valor-ganado-conceptos-basicos/#:~:text=La%20gesti%C3%B3n%20del%20valor%20ganado%20\(EVM\)%20es%20una%20metodolog%C3%ADa%20de,proyecto%20se%20ajusten%20seg%C3%BAn%20corresponda.](https://www.ecosys.net/es/conocimientos/gestion-del-valor-ganado-conceptos-basicos/#:~:text=La%20gesti%C3%B3n%20del%20valor%20ganado%20(EVM)%20es%20una%20metodolog%C3%ADa%20de,proyecto%20se%20ajusten%20seg%C3%BAn%20corresponda.)

Espinoza A. (2021). “10 grandes problemas de construcción resueltos”. Erisa Projects. México D.F.

EIOE (2022). “Tipos de Maquinaria de construcción” EUROINNOVA Online Education. MAESTRÍA CONDUCCIÓN DE MAQUINARIA DE EDIFICACIÓN: Maestría Internacional de Conducción de Maquinaria en Obra de Edificación (Puente-Grúa,Plataforma Elevadora).

<https://www.euroinnova.edu.es/blog/tipos-de-maquinaria-de-construccion>

Escuela de Postgrado en Ingeniería y Arquitectura. (2020). “Obra civil: todo lo que necesitas saber”. Madrid, España.

<https://postgradoingenieria.com/obra-civil-que-necesitas-saber/>

EQUIPAR (2022). “Comunicación y Seguridad Vial”. Revista AG Industrias, especializada en protección vial y urbana, Construcción y desarrollo inmobiliario para Latinoamérica. México.

<https://www.revistaequipar.com/mexico/contenido-editorial/comunicacion-y-seguridad-vial-#:~:text=Por%20su%20parte%2C%20la%20Comunicaci%C3%B3n,los%20conductores%2C%20pasajeros%2C%20peatones%2C>

Gamarro U. (2022). “El gobierno ha gastado Q3,181 millones en subsidios por las alzas de precios de los carburantes y la cuenta sigue subiendo”. Prensa Libre. Guatemala, Guatemala.

<https://www.prensalibre.com/economia/el-gobierno-ha-gastado-q3181-millones-en-subsidios-por-las-alzas-de-precios-de-los-carburantes-y-la-cuenta-sigue-subiendo/>

Grupo Grasa (2018). “La importancia del nivelado del terreno en construcción”. Construcciones Zaragoza, Excavaciones Zaragoza, Suministros de Áridos Zaragoza.

<https://grupograsa.es/la-importancia-del-nivelado-del-terreno/#:~:text=Cuando%20hablamos%20de%20nivelaci%C3%B3n%20nos,puntos%20tomando%20otro%20como%20referencia.>

Gerardo Hamid Hernández Cabrera, Fernando Ramírez Rodríguez Programa de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia Bogotá D.C., Colombia

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14484/3/Art%C3%ADculoPDF.pdf>

GotoYard (s.f.) “Perfiladoras – fresadoras de pavimento. Usos, ventajas y desventajas”. Puebla, México.

<https://gotoyard.com/perfiladoras-fresadoras-de-pavimento-usos-y-ventajas/>

HDI (2018). Seguro de contratistas y maquinaria pesada móvil, Condiciones generales. HDI Seguros.

<https://www.hdi.com.mx/wp-content/uploads/2018/03/seguro-de-contratista-y-maquinaria-movil-cgdec1215.pdf>.

IEA (2014), "World energy balances", IEA World Energy Statistics and Balances (database). DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/data-00512>

INTECAP (2009). “Consulta de Necesidades de Capacitación en el Sector de Construcción”. División de planificación 2009. Guatemala. Guatemala.

[https://www.oitcenterfor.org/sites/default/files/file\\_publicacion/INTECAP\\_INF\\_CONSTRUCCION.pdf](https://www.oitcenterfor.org/sites/default/files/file_publicacion/INTECAP_INF_CONSTRUCCION.pdf)

IGGS (2014). “Seguridad Social”. Integridad y transparencia es nuestro compromiso.

<https://www.igssgt.org/wp-content/uploads/images/sita/igsspector/octubre2014.pdf>

Klanfar, M., Korman, T. & Kujundžić, T. (2016). Fuel consumption and engine load factors of equipment in quarrying of crushed Stone. Tehnički vjesnik/Technical Gazette, 23(1), 163-169. DOI: 10.17559/TV-20141027115647.

LOGICALIS (2017). “KPI’s ¿Qué son, para qué sirven y por qué y cómo utilizarlos?”. Architects of change.

<https://blog.es.logicalis.com/analytics/kpis-qu%C3%A9-son-para-qu%C3%A9-sirven-y-por-qu%C3%A9-y-c%C3%B3mo-utilizarlos>

Lirette Cody. (2015). “Robo de maquinaria pesada, un gran problema para los dueños de flotas”. ORBCOMM.

<https://blog.orbcomm.com/740/>

Morales C. (2013). “Problemas Técnicos En La Administración De Obra De Empresas Constructoras En El Valle De Toluca”. Universidad Autónoma Del Estado De México Facultad De Ingeniería. Toluca, México.

<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/62530/TESIS+FINAL.pdf?sequence=3>

Montenegro M. (2010). “Guía Básica Para La Conformación De Bases Y Subbases Para Carreteras En El Salvador”. Ciudad Universitaria. San Salvador, El Salvador.

[https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2191/1/Gu%C3%ADa\\_b%C3%A1sica\\_para\\_la\\_conformaci%C3%B3n\\_de\\_bases\\_y\\_subbases\\_para\\_carreteras\\_en\\_El\\_Salvador.pdf](https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2191/1/Gu%C3%ADa_b%C3%A1sica_para_la_conformaci%C3%B3n_de_bases_y_subbases_para_carreteras_en_El_Salvador.pdf)

Maquiclick (2022). “¿Cada cuándo debo de hacer mantenimiento a las maquinarias?”. Fabricantes De Maquinaria Industrial, Proveedores Y Máquinas Segunda Mano.

<https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/cada-cuando-debo-de-hacer-mantenimiento-a-las-maquinarias/>

Maquitierra, (2019, octubre 29). Compactación de Suelos con Maquinaria Liviana (Archivo de video).

<https://fb.watch/2FPURuxrGw/>

Maquitierra, (2019, octubre 29). Compactación de Suelos con Maquinaria Liviana (Archivo de video).

<https://fb.watch/2FPURuxrGw/>

Maquinaria Carrán (2022). “La Importancia De La Compactación De Suelos En Obra”. Canal de Transparencia. San Joaquín, Chile.

<https://www.maquinariacarran.cl/la-importancia-de-la-compactacion-de-suelos-en-obra-2/>

MINTRAB (2022). “Dirección General De Recreación De Los Trabajadores Del Estado”. Ministerio de Trabajo y prevención Social. Guatemala, Guatemala.

<https://www.mintrabajo.gob.gt>

Moreno, J. (2015). Análisis de rendimiento y costo horario de maquinaria pesada (Tesis). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Narvaez J., Sanchez D. y Zacarias I. (2009). “Carpetas Asfálticas”. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. México, D.F.

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/2978/CARPETASASFALTICAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Nagle G. (2000). “Urbanización”. Geografía avanzada. OUP Oxford, Inglaterra, Reino Unido.

[https://books.google.com.gt/books/about/Advanced\\_Geography.html?id=cq9uFL07Y6wC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.gt/books/about/Advanced_Geography.html?id=cq9uFL07Y6wC&redir_esc=y)

Ortiz J., Camacho J. y Reyes F. (2005). “Influencia de la temperatura y nivel de energía de compactación en las propiedades dinámicas de una mezcla asfáltica”. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía, Colombia.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-62302006000200010#:~:text=%C2%B7%20La%20estabilidad%20y%20densidad%20m%C3%A1xima,se%20encuentra%20a%20130%20%C2%BAC.&text=%C2%B7%20est%C3%A1n%20a%20140%20%C2%BAC%20y%20a,los%20descensos%20ascienden%20hasta%2020%25.](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302006000200010#:~:text=%C2%B7%20La%20estabilidad%20y%20densidad%20m%C3%A1xima,se%20encuentra%20a%20130%20%C2%BAC.&text=%C2%B7%20est%C3%A1n%20a%20140%20%C2%BAC%20y%20a,los%20descensos%20ascienden%20hasta%2020%25.)

Obando M. (2015). “Tipos de Monopolios en infraestructura”. Ministerio De Economía Viceministerio de Inversión y Competencia Dirección de Promoción de la Competencia. Documento dos, Universidad Rafael Landívar. Guatemala, Guatemala.

[http://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/Inversion%20y%20Competencia/tipos\\_de\\_monopolio\\_ricardo\\_obando.pdf](http://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/Inversion%20y%20Competencia/tipos_de_monopolio_ricardo_obando.pdf)

Oscar Arango Andreu. Topografía. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. Impresión. 1983. p.100-120.

Pedro Barber Lloret (2009). “Maquinaria de obras públicas II: Máquinas y equipos”. Editorial Club Universitario. Elche España.

<https://hebmerma.com/>

Pinedo L. y Macalapu C. (2018). “*Estudio definitivo del mejoramiento de la infraestructura vial urbana de los jirones Jr. Manco Cápac cdra. 01 al 06, Jr. Felipe Saavedra cdra. 03 y 06, Jr. Marcos Ríos Mori cdra 01, Jr. Eladio Pashanace Tapullima y Jr Remigio Reátegui cdra 02, en la ciudad y provincia de Lamas - San Martín*”. Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto. Facultad De Ingeniería Civil Y Arquitectura. Escuela Profesional De Ingeniería Civil. Tarapoto, Perú.

<https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3363/CIVIL%20-%20Leandrus%20Pezo%20Pinedo%20%26%20Christian%20Javier%20Lozano%20Macalapu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PIARC (2022). “Medidas De Control Del Transito”. Manual Explotación De La Red Vial & Sistemas Inteligentes De Transporte. Asociación Mundial de la Carretera.

<https://rno-its.piarc.org/es/control-de-la-red-gestion-del-transito/medidas-de-control-del-transito>

Pch.vector. (2019). Vector de casa. Freepik.

<https://vectors/casa>

Registro de Información Catastral (RIC). (2020). “Manual de Normas Técnicas y Procedimientos Catastrales”. Guatemala, Guatemala.

<https://portal.ric.gob.gt/sites/default/files/2021-04/MANUAL%20DE%20%20NORMAS%20TE%CC%81CNICAS%20Y%20PROCEDIMIENTOS%20CATASTRALES.pdf>

RLOPSRM (2010). Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas. Cámara de Diputados del Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México.

Román C. y Velazco A. (2018). “Propuesta De Plan De Seguridad Para Prevenir Riesgos Durante La Ejecución De Obras En Carreteras”. Universidad San Martín Porres Lima, Perú.

[https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/4572/roman\\_velazco.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/4572/roman_velazco.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sitrack (2022). “*Todo sobre telemetría*”. Sitrack, Soluciones Inteligentes.

<https://landing.sitrack.com/telemetria-y-sus-aplicaciones#>

Skydata Latam (2022). “*Análisis de datos, el método que entrega resultados*”. Digitalización y análisis de datos. Fiomega.

<https://skydatalatam.com/blog/analisis-de-datos-el-metodo-que-entrega-resultados/>

Skydata Latam (2022). “*Rentabilidad: ¿cómo aumentarla coordinando las rutas?*”. Importancia de optimizar procesos corporativos. Fiomega.

<https://skydatalatam.com/blog/rentabilidad-como-aumentarla-coordinando-las-rutas/>

Skydata Latam (2022). “*Flotas de transporte: ¿Cuáles son los principales tipos?*”. La importancia de tener diferentes tipos de vehículos en las flotas. Fiomega.

<https://skydatalatam.com/blog/flotas-de-transporte-cuales-son-los-principales-tipos/>

Solís R. (2013). “La Administración Del Tiempo De Ejecución Delos Proyectos De Obra Pública”. Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, México.

[https://administracionytecnologiaparaeldiseno.azc.uam.mx/publicaciones/comp\\_2013/04.pdf](https://administracionytecnologiaparaeldiseno.azc.uam.mx/publicaciones/comp_2013/04.pdf)

Sánchez N. (2012). “Horómetro – Dispositivo Digital En Maquinarias Pesadas”. Ingeniería y construcción.

<https://civilgeeks.com/2012/11/14/horometro-dispositivo-digital-en-maquinarias-pesadas/#:~:text=Un%20Hor%C3%B3metro%20es%20un%20dispositivo,mantenimiento%20preventivo%20de%20los%20equipos.>

Structuralia S.A. (2018). “Maquinaria empleada en operaciones de movimiento de tierras”. Carreteras. Alcobendas Madrid, España.

<https://blog.structuralia.com/maquinaria-empleada-en-operaciones-de-movimiento-de-tierras>

Sanchez R., Lardé J., Chauvet P. y Jaimurzina A. (2017). “Recursos Naturales e Infraestructura”. Inversiones en infraestructura en América Latina, Tendencias, brechas y oportunidades. Naciones Unidas (ONU).

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43134/1/S1700926\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43134/1/S1700926_es.pdf)

SEGEPLAN (2013). “Guía sobre costos promedio de Construcción, versión 2013”. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia SEGEPLAN.

[https://snip.segeplan.gob.gt/sche\\$sinip/documentos/Guia\\_costos\\_2013.pdf](https://snip.segeplan.gob.gt/sche$sinip/documentos/Guia_costos_2013.pdf)

Torres Rodas, Juan Carlos (2015) Implementación de un sistema de seguridad industrial y gestión de riesgos para la construcción de carreteras y caminos. Licenciatura thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/3162/1/Juan%20Carlos%20Torres%20Rodas.pdf>

TAURO (2016). “Camiones de Volteo y sus Características”. Nuevo León, México.

<https://www.tauro.mx/camiones-de-volteo/>

UANL. (2018). Criterios estructurales.

<http://arquitectura.uanl.mx/wp-content/uploads/2018/09/CRITERIOS-ESTRUCTURALES.pdf>

Vallence C. (2020). “How can telemetry help infrastructure projects” The Mandarin.

<https://www.themandarin.com.au/137624-how-can-telemetry-help-construction-projects/>

Wirtgen Group (2007). “Fresadora en frío W1900, características técnicas”. Los datos de rendimiento dependen de las condiciones de la obra. – N°. 09-20 SP-01/07 © by Wirtgen GmbH 2007. Impreso en Alemania

[https://dizv3061bgivy.cloudfront.net/mmc-assets/pdfs/lectura/wirtgen/w100/W%20100\\_es\(969\).pdf](https://dizv3061bgivy.cloudfront.net/mmc-assets/pdfs/lectura/wirtgen/w100/W%20100_es(969).pdf)

YEPES, V. (2015). Coste, producción y mantenimiento de maquinaria para construcción. Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 155 pp. ISBN: 978-84-9048-301-5.

<https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/05/08/fondo-horario-maquinaria/>

Zaragoza N., Solís R. y Gonzáles A. (2019). “Gestión de las maquinarias de construcción”. Universidad Autónoma de Yucatán, México. Ingeniería, vol. 23, núm. 3, pp. 1-14, 2019

<https://www.redalyc.org/journal/467/46761359008/html/>



## **Anexos**

---

Carta sobre los equipos a utilizar y revisión de compatibilidad con los conjuntos de equipos telemétricos presentada a Skydata como apoyo de investigación. Presentada (8/09/2022).



### EQUIPOS PARA ELABORACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA

06/09/2022

No	TIPO DE VEHÍCULO	MARCA	AÑO	COLOR
1	CABEZAL	STERLING	2007	ROJO
2		VOLVO	2002	ANARANJADO Y AZUL
3		VOLVO	2000	BLANCO Y ROJO
<b>MAQUINARIA PESADA PARA ELABORACIÓN DE ASFALTO MARQSA</b>				<b>MODELO</b>
4	COMPACTADORA DOBLE RODO 10 TONS	AMMAN	2018	AV110
6	MINI CARGADOR ADITAMENTOS	CATERPILAR	2020	232D
7	PAVIMENTADORA FINISHER	ROAD TEC	2005	RP-180 10
8	COMPACTADORA NEUMÁTICA	AMMAN	2018	AP240

KM.8.5 RUTA AL ATLANTICO ZONA 17 GUATEMALA

☎ 2261-6540 ✉ marqsa@gmail.com

Guatemala, 19 de septiembre de 2023

Arquitecto Marco Antonio Rodríguez Quiroa  
Marqsa Corporation

Estimado Arquitecto Rodríguez Quiroa,

Espero que esta carta le encuentre bien. Le saluda cordialmente Nancy Méndez, Gerente Regional Mercadeo de SkyData, con el fin de solicitar su valioso apoyo para llevar a cabo una entrevista en video que destaque el caso de éxito de Marqsa Corporation en el uso de equipos de GPS y sensores de combustible.

En nuestro constante esfuerzo por promover las mejores prácticas en el sector y compartir experiencias exitosas, hemos seleccionado a Marqsa Corporation como un referente en la implementación eficaz de estas tecnologías. Creemos que su experiencia y conocimientos pueden proporcionar una valiosa perspectiva para otros profesionales y empresas que deseen optimizar sus operaciones y mejorar su eficiencia.

A continuación, le proporcionamos un conjunto inicial de preguntas que se realizarán durante la entrevista. Estas preguntas se centran en los beneficios, desafíos y lecciones aprendidas de la implementación de estas tecnologías en Marqsa Corporation:

1. Introducción de cliente
  - a. Nombre y apellido
  - b. Cargo
  - c. Empresa
2. Introducción corta de la empresa
  - a. A que se dedica
  - b. Trayectoria
3. Servicios prestados por SkyData
  - a. ¿Con cuales servicios cuenta actualmente?

- b. ¿Cuáles fueron los desafíos clave que enfrentaron durante la implementación y cómo los superaron?
4. Mejoras percibidas por el cliente
- a. ¿Cómo han mejorado la implementación de estos servicios la eficiencia de su empresa?
  - b. ¿Cuáles han sido los principales beneficios que ha experimentado la empresa desde la implementación de estas tecnologías?
  - c. ¿Puede compartir algún caso específico en el que el uso de sensores de combustible haya permitido a Marqsa Corporation ahorrar costos significativos?
5. Percepción del Cliente
- a. ¿Cómo ha sido la recepción y el impacto de estas tecnologías en el equipo de trabajo de Marqsa Corporation?
  - b. ¿Qué es lo que más le ha gustado de trabajar con SkyData?

Estas preguntas son solo un punto de partida, y estamos abiertos a incluir cualquier otra información o puntos que usted considere relevantes para compartir.

Por favor, háganos saber su disponibilidad para coordinar una fecha y hora conveniente para la entrevista, así como cualquier otro detalle logístico que necesite. Quedamos a su disposición para responder a cualquier pregunta o inquietud que pueda tener.

Agradecemos de antemano su colaboración y esperamos contar con su participación en esta iniciativa que busca compartir conocimiento y buenas prácticas en nuestra industria.

Atentamente,

Nancy Méndez  
Gerente Regional de Mercadeo  
SkyData, S.A.

skydatalatam.com

Carta de compromiso y alianza sobre la innovación y experiencia para la elaboración de un video sobre los procedimientos estipulados y la ingeniería de valor que genera la implementación de sensores telemétricos sobre el equipo pesado.

11.2 E-Book Manual de Uso de información Generada.



# ¿DESCONTROL EN TUS FLOTAS DE CONSTRUCCIÓN?

**EXCESO DE CONSUMO  
DE COMBUSTIBLE**



**BAJA EFICIENCIA  
EN PROCESOS  
CONSTRUCTIVOS**



**MALA COMUNICACIÓN  
CON TU EQUIPO**



## INTRODUCCIÓN

La necesidad de medir en todo momento los procesos que conlleven un gasto o generen una ganancia es un paso previo a la gestión de información para la toma de decisiones. La medición llevada a cabo con buen criterio proporcionará información de valor para el aumento de la eficiencia en una empresa de construcción; en la construcción se encuentran métricas como mano de obra, utilización de equipo o maquinaria, cantidad de material utilizado, entre otras magnitudes tienen un papel importante para controlar inventarios, gestión de personal, mantenimiento y seguridad del equipo como del personal y así incrementar los niveles de producción, mejoras en metodologías de gestión, adaptarse a las situaciones que se presenten y prevenir posibles pérdidas que existen.

Por lo tanto, la necesidad de medir, analizar y estimar ha permitido la creación y utilización de diferentes sensores telemétricos para diferentes índices dentro del campo de la construcción. Gracias a todos los factores que evidencian pérdidas en una empresa de construcción se determina la necesidad de analizar mediante equipos telemétricos todas aquellas métricas que son factores de pérdida y deben ser mejorados si se lleva un mejor control sobre el manejo de los recursos como materiales o combustible.



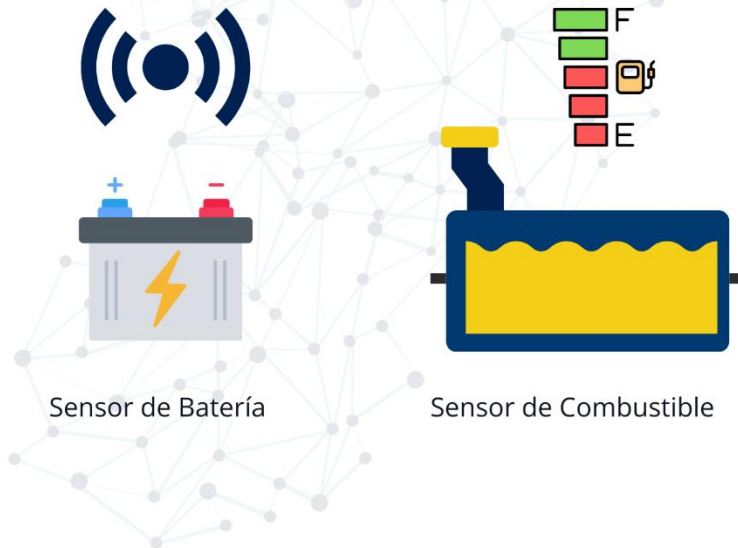
# ÍNDICE

- 1** **SENSORES TELEMÉTRICOS EN UNA FLOTA DE COLOCACIÓN DE ASFALTO**
- 2** **COSTOS EN UN TREN DE COLOCACIÓN DE ASFALTO**
- 3** **MENSUALIDAD DE MI MEMBRESÍA**
- 4** **AUMENTA TU RENDIMIENTO EN CADA PROCESO.**
- 5** **COSTO - BENEFICIO**
- 6** **CASO DE ÉXITO**



# SENSORES TELEMÉTRICOS

La telemetría es una metodología de transferencia, control y almacenamiento de información a distancia dependiendo del ámbito en el cual se esté trabajando, por lo que es importante establecer los objetivos o métricas clave para dirigir la tecnología hacia los datos más relevantes, de tal forma que se eficiente un proceso



# MÉTRICAS DE INTERÉS

## Combustible

Recurso de consumo del equipo pesado a utilizar.



## Tiempo De Ejecución

Métrica para % de rendimiento del equipo o proceso requerido.



## Horómetro De Maquinaria

Dispositivo para control y mantenimiento del equipo en funcionamiento.



## Depreciación De Activos

Todos los equipos se devalúan con el paso del tiempo y su uso.





Pérdidas de combustible



Reparaciones



Ayudantes



Combustible



Repuestos



Operadores

# COSTOS EN UN TREN DE COLOCACIÓN DE ASFALTO



## ASFALTO



Mezcla



Pilotos



Supervisión



Seguridad Industrial



Señalización



## RECURSOS

La colocación de asfalto es un proceso complejo que requiere una cuidadosa planificación y una variedad de recursos para garantizar un resultado duradero y de alta calidad. Desde la preparación del sitio hasta la aplicación del asfalto mismo.

Combustible



Mezcla



Maquinaria



## MANTENIMIENTO

Práctica esencial para asegurar su rendimiento óptimo y prolongar su vida útil. Este proceso implica inspecciones regulares, lubricación adecuada, ajustes mecánicos, y la pronta identificación y corrección de posibles fallas.

Repuestos



Reparaciones



## MANO DE OBRA

La colocación de asfalto requiere una mano de obra especializada y diversa para llevar a cabo cada fase del proceso de manera eficiente. La colaboración y la habilidad de este personal especializado son fundamentales para lograr un pavimento duradero y de alta calidad.

Ayudantes



Operadores



Pilotos



# SUPERVISIÓN

La supervisión desempeña un papel crítico en la colocación de asfalto al garantizar la precisión y calidad del proceso. Los supervisores supervisan de cerca cada etapa, desde la preparación del sitio hasta la compactación final, asegurándose de que se sigan las especificaciones del proyecto.



# SEGURIDAD INDUSTRIAL

La seguridad industrial es crucial dentro de los proyectos de colocación de asfalto debido a que previene problemáticas dentro del proceso y permite resguardar al equipo de trabajo ante cualquier accidente. El uso adecuado de equipo de protección personal (EPP), como cascos, guantes y calzado de seguridad, es obligatorio para mitigar riesgos de lesiones.



# IMPREVISTOS

El robo de combustible y de piezas que son parte de la estructura de la maquinaria es un problema que perjudica la economía de una empresa de construcción por lo que el control, supervisión y gestión de estos recursos permitirá obtener mayores ganancias y un mejor rendimiento dentro del proceso constructivo





**DESARROLLA Y  
SUPERVISA TU  
ESTRATEGIA DE  
GESTIÓN PARA UNA  
FLOTA DE  
MAQUINARIA EN  
CONSTRUCCIÓN**



# ESTABLECE TU POSICIÓN

En el campo de la construcción es necesario parametrizar el proceso constructivo a realizar y establecer las métricas que serán evaluadas mediante los dispositivos telemétricos.

## KPI (KEY PERFORMANCE INDICATOR)

Son parámetros que funcionan como indicadores para encontrar la eficiencia del proceso.

### COMBUSTIBLE



Consumo de combustible por hora y por km recorrido en maquinaria y en equipos de transporte

### TIEMPO DE EJECUCIÓN



Dependiente de la magnitud del proyecto se deben establecer metas por alcanzar en avance físico. En este caso son m<sup>3</sup> colocados de asfalto.

### HORÓMETRO DE MAQUINARIA



Establecer los horómetros iniciales en el proyecto y por semana para visualizar el uso con el avance físico, comparando con los informes.

### DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS



Todos los equipos se deprecian con el uso del mismo por lo que en cada operación se debe cuidar el equipo con su mantenimiento preventivo y sacar el máximo potencial.

**SkyData**

Tecnología, innovación y soluciones integrales



**AUMENTA TU  
EFICIENCIA HASTA UN  
7.5% AL MES**

# PASO #1

IDENTIFICA TU EQUIPO DESDE LA  
PLATAFORMA



Compactadora Neumática



Rodo Doble Tandem 12 Tons



Pavimentadora (Finisher)



Barredora de desperdicio



Camiones de volteo



## **PASO #2**

### **ESTABLECER OBJETIVOS Y PLASMARLOS EN LOS INFORMES QUE SEAN NECESARIOS**

- 1. CADA EQUIPO CUMPLE UNA FUNCIÓN DIFERENTE POR LO QUE SE DEBE ANALIZARSE POR SEPARADO.**
- 2. LOS OBJETIVOS DEBEN SER PLANTEADOS DEPENDIENTES DE LAS NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO.**
- 3. ESTABLECER LOS INFORMES DE RENDIMIENTO, ZONAS, RUTAS Y GEOCERCAS.**
- 4. CONSUMOS DE COMBUSTIBLE POR ZONA Y EQUIPO EN OPERACIÓN O RALENTÍ**



# PASO #3

## Generar alertas de zonas o Geocercas, Dren de combustible y excesivo ralentí

Las alertas nos permiten mantener una sincronización con el equipo de trabajo y su desempeño en el campo para verificar sus horas productivas y la ubicación de los equipos en tiempo real.

### Zonas o Geocercas



Esta alerta nos permite notificar cuando un equipo ingresa o abandona la zona de trabajo como también si este está ingresando por mezcla o algún recurso necesario y así tener un control exacto en el proceso de colocación.

### Dren de combustible



Aquí se puede configurar que se notifique el momento exacto en el que existe un dren de combustible, se recomienda que sea mayor a 20 litros para evitar falsas alarmas por las pendientes del terreno.

### Ralentí Excesivo



Si los vehículos de transporte se mantienen mucho tiempo parados y encendidos significa una pérdida de combustible enorme, en la maquinaria depende de su función.

# PASO #4

## Comparar los datos obtenidos en campo con los obtenidos a base de los sensores

Se debe de realizar los datos recopilados mediante los sensores y los tomas in situ, con la finalidad de poder obtener datos verídicos y visualizar que nuestras metas marcadas en cuanto al avance físico puedan satisfacer nuestras metas que conllevan de la mano el avance financiero.

La plataforma de **Skydata** proporciona informes en formato pdf o en formato excel por lo que su comparativa es bastante amigable con los programas tradicionales y permite establecer estrategias funcionales para la parte administrativa como en la parte de ejecución de una obra.



Existen métricas interesantes de análisis o de rendimientos, en este caso es funcional analizar consumo de combustible, horas ralenti y las horas operables ya que la plataforma indica cuales con los equipos más funcionales y eficientes de la flota de maquinaria o de la flota de transporte, en donde se evalúa dependiendo de la función del equipo. (Cabe a resaltar que siempre es necesario evaluar y analizar la función individual de cada equipo).

En un esfuerzo por mejorar la eficiencia operativa y optimizar los recursos, nuestra empresa implementó una solución innovadora mediante la integración de sensores telemétricos en la maquinaria utilizada para la colocación de asfalto y en nuestra flota de transporte de mezcla en caliente. Este enfoque tecnológico permitió una mejora significativa en la eficiencia del tren de colocación, así como en los tiempos operativos y el rendimiento general del proceso.

## CASO DE ÉXITO

### DESAFÍO

Antes de la implementación de la solución de sensores telemétricos, nuestra empresa enfrentaba desafíos significativos en términos de eficiencia operativa y gestión de recursos en el proceso de colocación de asfalto. Los tiempos de ejecución eran subóptimos y la falta de visibilidad en la operación dificultaba la toma de decisiones informadas.

### SOLUCIÓN

Para abordar estos desafíos, decidimos integrar sensores telemétricos en nuestra maquinaria y flota de transporte. Estos sensores proporcionaron una amplia gama de datos en tiempo real, incluyendo la ubicación, el rendimiento y el estado operativo de cada componente del tren de colocación y de la flota de transporte.

### IMPLEMENTACIÓN

La implementación de los sensores telemétricos se llevó a cabo en un período de tres meses, durante el cual se realizó un análisis exhaustivo de la información recopilada para identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias efectivas. Además, se establecieron canales de comunicación mejorados para facilitar la coordinación entre los diferentes equipos involucrados en el proceso.

# RESULTADOS

La implementación de los sensores telemétricos se llevó a cabo en un período de tres meses, durante el cual se realizó un análisis exhaustivo de la información recopilada para identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias efectivas. Además, se establecieron canales de comunicación mejorados para facilitar la coordinación entre los diferentes equipos involucrados en el proceso.

**Incremento de la Eficiencia:** El tren de colocación logró mejorar su eficiencia en un 10% gracias a una mejor gestión de los recursos y una mayor visibilidad de la operación en tiempo real.

**Reducción de Tiempos:** Los tiempos de ejecución se redujeron considerablemente debido a una planificación más precisa y una respuesta más rápida a las condiciones cambiantes del entorno.

**Análisis Costo-Beneficio:** Se realizó un análisis detallado del costo-beneficio de la implementación de la tecnología de sensores telemétricos, revelando un ahorro total de 20,440 quetzales en costos operativos durante el período analizado.

**Mejora del Rendimiento General:** En conjunto, la implementación de sensores telemétricos impulsó el rendimiento del proceso de colocación de asfalto en un 7.5%, mejorando la productividad y la calidad de nuestro servicio.



# CONCLUSIONES

La integración de sensores telemétricos en nuestra operación de colocación de asfalto ha demostrado ser una inversión estratégica y altamente beneficiosa para nuestra empresa. Además de mejorar la eficiencia y reducir costos, esta solución nos ha posicionado como líderes en innovación dentro de nuestra industria, permitiéndonos ofrecer un servicio de alta calidad y valor añadido a nuestros clientes, gracias a la ingeniería de valor implementada en esta nueva y trascendente estrategia

**SkyData**

Tecnología, innovación y soluciones integrales





## Glosario

---

1. **Ahuellamiento:** Proceso de dar forma cóncava o curvatura a una superficie, generalmente a un terraplén o talud, para mejorar su estabilidad y drenaje.
2. **Alud:** Deslizamiento o avalancha de tierra, rocas o nieve por un talud o pendiente, comúnmente causado por la gravedad, lluvias intensas o deshielo.
3. **Aspersor:** Dispositivo utilizado para esparcir líquidos, como agua o productos químicos, en forma de pulverización fina sobre una superficie, utilizado en riego o aplicaciones de control de polvo en la construcción.
4. **Bitumen:** Material viscoso y pegajoso derivado del petróleo crudo, utilizado como aglutinante en la mezcla asfáltica para la construcción de carreteras.
5. **Bocacalles:** Sección de una carretera donde se divide en dos o más ramales para permitir el flujo de vehículos en diferentes direcciones.
6. **Carburante:** Combustible utilizado para alimentar motores de maquinaria y equipos de construcción.
7. **Centrifugado:** Proceso de separación de partículas sólidas y líquidas mediante fuerzas centrífugas, utilizado para la limpieza de lodos en la construcción.
8. **Cohesivo:** Propiedad de un material para adherirse y mantenerse unido, utilizado para describir su capacidad para formar una masa sólida y resistente.
9. **Compactación:** Proceso de reducción del volumen de un suelo o material mediante la aplicación de fuerza para aumentar su densidad y resistencia.
10. **Eficiencia:** Medida de la capacidad de un sistema o proceso para lograr resultados óptimos utilizando la menor cantidad de recursos, como tiempo, energía o materiales.

11. **Fortuito:** Que ocurre por casualidad o de manera imprevista, sin intención o planificación previa.
12. **Fraguado:** Proceso de endurecimiento inicial de un material, como el hormigón o el mortero, mediante reacciones químicas que resultan en una mayor resistencia y durabilidad.
13. **Horómetro:** Dispositivo utilizado para medir el tiempo de funcionamiento o la duración de actividad de una máquina o equipo.
14. **Imprimación:** Capa de material aplicada sobre una superficie para mejorar la adherencia y prepararla para recibir un revestimiento o tratamiento posterior.
15. **Injerencia:** Interferencia o intromisión en un proceso o actividad por parte de factores externos, que pueden afectar su eficacia o desempeño.
16. **Ligante:** Sustancia utilizada para unir o aglutinar materiales, como el asfalto en la mezcla asfáltica para carreteras.
17. **Rasante:** Línea o superficie que representa el nivel de una carretera o vía ferroviaria, utilizada como referencia para el diseño y construcción de la infraestructura vial.
18. **Rendimiento:** Medida de la productividad o eficacia de un proceso, máquina o trabajador en términos de la cantidad de trabajo realizado en relación con los recursos utilizados.
19. **Rodadura:** Desgaste o deterioro de la superficie de una carretera causado por el tráfico de vehículos.
20. **Sinfines:** Dispositivos mecánicos en forma de tornillo utilizados para transportar, mezclar o elevar materiales a granel, como el hormigón o los áridos.
21. **Talud:** Inclinación o pendiente de una superficie, como un terraplén o un talud de excavación, medida en relación con la horizontal.
22. **Teledetección:** Técnica de observación y recopilación de datos sobre la superficie terrestre mediante sensores remotos, como satélites o aviones, utilizada para la monitorización y análisis de cambios ambientales y de la superficie terrestre.
23. **Telemetría:** Sistema de medición remota y transmisión de datos sobre variables físicas, como temperatura, presión o nivel, utilizado para monitorizar y controlar procesos en tiempo real.

24. **Transductores:** Dispositivos utilizados para convertir una forma de energía o señal en otra, como la conversión de señales eléctricas en señales acústicas o mecánicas, utilizados en instrumentación y sistemas de control.
25. **Transmisión:** Proceso de transferencia de energía o señales a través de un medio, como la transmisión de potencia en maquinaria o la transmisión de datos en sistemas de comunicación.

