
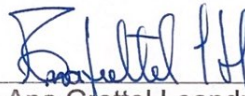


CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, Ing. Milton Sandoval Quirós, Ing. Gerardo Páez González, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director



Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.
Profesora Guía



Ing. Milton Sandoval Quirós.
Profesor Lector



Ing. Gerardo Páez González.
Profesor Observador

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Construcción

Estimación y análisis del rendimiento y productividad de la maquinaria vial para la
Municipalidad de Buenos Aires

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Oscar Daniel Ramírez Porras

Cartago, Noviembre 2019.

Estimación y análisis del rendimiento y productividad de la maquinaria vial para la Municipalidad de Buenos Aires

Abstract

The project carried out under the Directed Practice modality consists in estimating the yields and productivity of the road machinery of the Municipality of Buenos Aires, so that with these data and theoretical yields, an analysis of the current state of efficiency can be performed and thus recommend corrective actions in search of the optimization of road construction processes for the Municipality.

To perform a better analysis, the objectives set were: to characterize the machinery used in the Municipality as well as the activities they carry out, measure and estimate the yields and productivity as well as the associated costs per kilometer, develop an analysis of the yields and compare them with the theory, identify the variables that affect yields and finally recommend corrective actions to mitigate them through a proposal for improvement.

As a final product, a database was obtained with the information collected, the estimation of the real performance and its comparison with the theoretical, the costs associated with the projects, the causes of low productivity and a work proposal that seeks to increase yields. Concluding that there are real yields lower than expected, that productivity is low and that there are recommendations that should be considered to improve these yields.

With this, the Municipality will have a tool that allows it to, first self-assess itself on current returns and its position against theoretical returns, and secondly make investment and operation decisions, optimizing work times and thereby allow an economic savings to said local government. This study of machinery performance is done with the conditions of the Buenos Aires area and for the period from April to July.

Keywords: Machinery, performance, productivity, municipality.

Resumen

El proyecto realizado bajo la modalidad Práctica Dirigida consiste en estimar los rendimientos y productividades de la maquinaria vial de la Municipalidad de Buenos Aires, de manera que, con dichos datos y con rendimientos teóricos, se pueda realizar un análisis del estado actual de eficiencia y así recomendar acciones correctivas en busca de la optimización de procesos constructivos viales para el municipio.

Con el fin de realizar un mejor análisis, los objetivos planteados fueron: caracterizar la maquinaria que se usa en el municipio, así como las actividades que realizan, medir y estimar los rendimientos y la productividad, así como los costos por kilómetro asociados; desarrollar un análisis de los rendimientos y compararlos con la teoría; identificar las variables que afectan los rendimientos y, finalmente, recomendar acciones correctivas para mitigarlas mediante una propuesta de mejora.

Como producto final se obtuvo una base de datos con la información recolectada, la estimación del rendimiento real y su comparativa con lo teórico, los costos asociados a los proyectos, las causas de baja productividad y una propuesta de trabajo que busca aumentar los rendimientos. Se concluye que existen rendimientos reales inferiores a los esperados, que la productividad es baja y existen recomendaciones que se deben considerar para mejorar estos rendimientos.

Con esto la Municipalidad contará con una herramienta que le permita, primero, autoevaluarse sobre los rendimientos actuales y su posición contra los rendimientos teóricos y, en segundo lugar, tomar decisiones de inversión y operación, optimizando los tiempos de trabajo y con ello permitir un ahorro económico a dicho gobierno local. Este estudio de rendimiento de maquinaria se hace con las condiciones de la zona de Buenos Aires y para el periodo de abril a julio del año 2019.

Palabras clave: *maquinaria, rendimiento, productividad, municipalidad.*

Estimación y análisis del rendimiento y productividad de la maquinaria vial para la Municipalidad de Buenos Aires

ÓSCAR DANIEL RAMÍREZ PORRAS

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Noviembre del 2019

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio	1
Resumen ejecutivo.....	3
Introducción.....	6
Marco teórico	7
Información general de la Municipalidad	17
Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM).....	23
Factores externos que afectan el rendimiento de la maquinaria.....	28
Factores mecánicos que afectan el rendimiento de la maquinaria.....	30
Reconocimiento de los tiempos y categorías de trabajo.	34
Maquinaria.....	37
Metodología	46
Resultados	56
Maquinaria Municipal	56
Reconformación de superficies no pavimentadas.....	58
Rendimientos, productividades y costos.....	61
Comparación de rendimientos	73
Factores que afectan el rendimiento y la productividad de la maquinaria	76
Propuesta de mejora.....	83
Análisis de los resultados.....	86
Conclusiones.....	92
Recomendaciones	94
Anexos	95
Apéndices.....	99
Referencias	100

Prefacio

Los proyectos viales de un país representan un punto importante para el desarrollo socioeconómico del mismo. De la calidad y eficiencia de estos proyectos depende el éxito en aspectos como el libre comercio, transporte de productos y personas, movilidad humana, entre otros. A mayor calidad e inversión en infraestructura vial, mayor es el desarrollo de un país.

Estas obras generalmente son de gran magnitud, lo que involucra mucho material, mano de obra, maquinaria pesada y altos costos que, en su mayoría, son financiados por el pueblo civil. Debido a estos aspectos, se espera que dichos proyectos sean eficientes y de buenas prácticas a la hora de construirlos, ya que es obra pública pagada en gran parte por el pueblo.

Uno de los aspectos que impacta directamente los costos de un proyecto es el rendimiento de la maquinaria, es decir, cuánto trabajo realizan las máquinas por tiempo. Un rendimiento alto implica que se desarrolla más trabajo en un tiempo determinado. Por el contrario, un rendimiento bajo indica que se produce menos en el mismo tiempo.

El objetivo principal de esta investigación es estimar el rendimiento real que presenta la maquinaria de trabajo de la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM) de la Municipalidad de Buenos Aires, con el fin de compararlos con rendimientos teóricos y determinar así su eficiencia (baja o alta) con respecto a estos.

En Costa Rica, en el año 2001, se publicó en La Gaceta la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria, nro. 8114. Con esta ley se crean las Unidades Técnicas de Gestión Vial Municipal (UTGVM) como un requisito con la Cooperación

Técnica Alemana. En ese periodo, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) le traslada los expedientes de caminos a las municipalidades, así como el listado de la Red Vial Cantonal, con el fin de que, a partir de ese punto, los municipios sean los que administren dichas rutas.

Conocer del rendimiento real y eficiencia de la maquinaria pesada faculta para tomar decisiones basadas en cálculos y la naturaleza de estas, además, permite optimizar la maquinaria y sus procesos para aumentar la productividad por medio de acciones correctivas.

Esto a la larga repercute en un ahorro de tiempo y paralelo a ello, un ahorro económico. Sin estudios de este tipo, basados en números y cálculos que pueden ser tomados en campo o de bibliografía de la maquinaria, es imposible saber cuál tipo de máquina pesada es mejor emplear para ciertas actividades en movimientos de tierra o cómo organizar las máquinas pesadas para que se obtenga el mejor rendimiento en campo.

La Municipalidad de Buenos Aires actualmente no cuenta con estudios sobre el rendimiento y productividad asociados a la maquinaria que posee. Esto conlleva a que no se puedan tomar decisiones basadas en criterios técnicos de eficiencia, con el fin de optimizar las actividades y con ello mejorar los rendimientos. Al proporcionar rendimientos reales de la maquinaria actual, realizar un análisis de la situación y recomendar acciones correctivas, se pretende desarrollar este proyecto, con el fin de darle una herramienta a la Municipalidad para optimizar procesos de construcción vial y, de este modo, a la larga un plan estratégico que proporcione también un ahorro económico para el gobierno local.

Dedicatoria

A mi familia; a mi madre Marielos Porras, mi padre Pablo Ramírez, mi hermano y hermanas, piezas claves e imprescindibles de apoyo en mi vida, por brindarme tanto apoyo emocional, humano y económico y por ser una fuente importante de inspiración en mi vida.

A las personas que estuvieron conmigo en esta etapa, principalmente a mi mejor amiga y compañera de carrera, Natalia Calderón, por tanto apoyo, ayuda y experiencias vividas en esta etapa universitaria. A los compañeros y amigos que me dejó el paso por el Tecnológico de Costa Rica, especialmente Gabriel Molina, Sebastián Espinoza y Mónica Peña, por tantos momentos y experiencias vividas y tanto aprendizaje adquirido.

Agradecimientos

Primeramente, las gracias infinitas a Dios, por darme la fuerza para poder culminar este proyecto y etapa de vida.

A la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal de la Municipalidad de Buenos Aires, especialmente a los ingenieros David Salazar y Álvaro Murillo, por brindarme la ayuda y herramientas necesarias para realizar y concluir este proyecto.

A la profesora Ana Gretel Leandro Hernández, por ser mi guía, orientarme, por brindarme apoyo y comprensión durante la realización de este proyecto.

A los profesores y compañeros de la Escuela de Ingeniería en Construcción, quienes conocí y me dieron el apoyo, los medios y recursos para adquirir conocimientos técnicos y humanos en esta área e implementarla para el desarrollo personal y del país.

Resumen ejecutivo

Contar con un estudio del rendimiento y productividad de la maquinaria en los proyectos viales que ejecuta una municipalidad permite y faculta a la Unidad Ejecutora para tomar acciones correctivas que busquen optimizar los procesos constructivos viales, tanto en aspectos de tiempo como de calidad y costos. El fin de este proyecto de graduación es proporcionarle a la Municipalidad de Buenos Aires un diagnóstico acerca del rendimiento y productividad que está teniendo la maquinaria vial en los proyectos que está atendiendo, así mismo determinar los factores que estarían proporcionando bajos rendimientos y una propuesta de trabajo que busque atacarlos para que se pueda mejorar el rendimiento y la productividad crezca.

Como objetivo general, se propuso estimar rendimientos y productividades de la maquinaria vial para la Municipalidad de Buenos Aires. Además, se busca de manera más específica caracterizar la maquinaria que se usa en el municipio, así como las actividades que realizan, medir los rendimientos y productividades de la maquinaria, estimar los costos por kilómetro de proyecto, comparar los rendimientos reales con los teóricos esperados, identificar las variables que afectan los rendimientos en las maquinarias y, finalmente, elaborar una propuesta de mejora.

Para realizar el proyecto, primero, se realizó una investigación acerca de la Municipalidad, la Unidad Ejecutora de proyectos por Administración: la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM), el contexto de trabajo, las actividades y tipo de proyectos que realiza la maquinaria, el estado actual de la Red Vial Cantonal y características principales de la misma, así como la identificación de la maquinaria con la que se cuenta para realizar los proyectos, donde, a pesar que existen varias máquinas que posee la UTGVM, el frente de trabajo en los proyectos consiste en una niveladora y una compactadora vibratoria lisa, además de vagonetas cuando se

necesite transportar material de lastre para los proyectos viales. Se procedió a realizar la estimación de los rendimientos de la maquinaria, para ello se contó con un programa computacional que tiene como propósito la eficiencia en el control de recursos móviles, llamado Navegación Satelital NAVSAT S.A., ya que la Municipalidad cuenta con una licencia del *software* para el uso del mismo, con esto se logró determinar los tiempos productivos exactos de trabajo para cada máquina, es decir, el tiempo en que la misma está realizando ciclos de trabajo, gracias a la precisión horaria del programa. El programa computacional cuenta con un sistema de posicionamiento satelital, el cual brinda, además, el recorrido real de la máquina, con esto se logra determinar la distancia intervenida por día y por proyecto.

Gracias al insumo de tiempo de trabajo real y distancia intervenida, se determinó el rendimiento real de la maquinaria. Paralelo a ello, se determinó el rendimiento teórico de cada máquina, esto por medio de las ecuaciones de rendimiento teórico esperadas, producto de investigación y de las fichas técnicas de la maquinaria. Se realizó tomando una muestra de datos de proyectos de la maquinaria para un periodo de tres meses, de abril a junio del 2019, donde se realizaron cinco proyectos viales en el cantón.

Se determinó el costo por kilómetro de proyecto de acuerdo con la información del presupuesto ejecutado en el camino. En la figura 1 se expone el costo por kilómetro intervenido para la actividad de reconformación de superficies no pavimentadas. Donde cabe recalcar que no se incluye el pago de salarios o planillas de los operadores, pues este costo es considerado por recursos humanos y no en el presupuesto destinado por la Municipalidad y el Consejo de Caminos para atender el proyecto. Los demás gastos sí están contemplados como parte del presupuesto ejecutado.

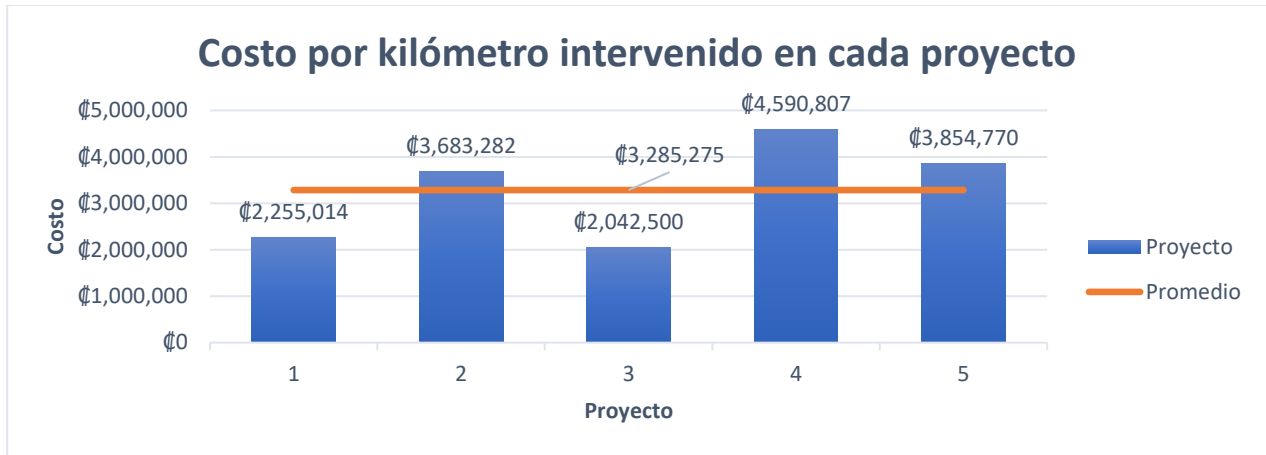


Figura 1. Costo por kilómetro intervenido en los proyectos municipales para reconfiguración de caminos.
Fuente: elaboración propia.

Una vez obtenidos ambos rendimientos, teóricos y reales, se comparó por medio de cuadros y gráficos. Esto para tener un criterio técnico y real sobre la situación de producción de la maquinaria en los proyectos de mantenimiento de caminos municipales, para la actividad de reconfiguración de superficies no pavimentadas.

En la figura 2, se muestra, tanto para la niveladora como la compactadora, los resultados finales de rendimiento o producción de maquinaria. Se interpreta que no se está llegando a los valores teóricos de rendimiento, por lo que se están dando rendimientos reales de trabajo bajos, siendo de 0.392 km/día para la niveladora contra 0.567 km/día que es el valor teórico esperado, y de 0.728 km/día para la compactadora siendo 1.313 km/día el valor teórico de rendimiento esperado.

La situación más crítica o con peor escenario de producción la posee la compactadora, esta alcanza apenas poco más del 50% del valor de rendimiento teórico, tal como se evidenció en la figura 2. También se crearon gráficos sobre las horas productivas reales laboradas por día, donde lo esperado productivamente es de 5.5 horas y se obtuvo como resultado que la niveladora trabaja productivamente 3.96 horas por día y la compactadora 2.77. Todo esto indicó que no se está siendo eficiente con el uso de la maquinaria municipal en los proyectos de reconfiguración de caminos.

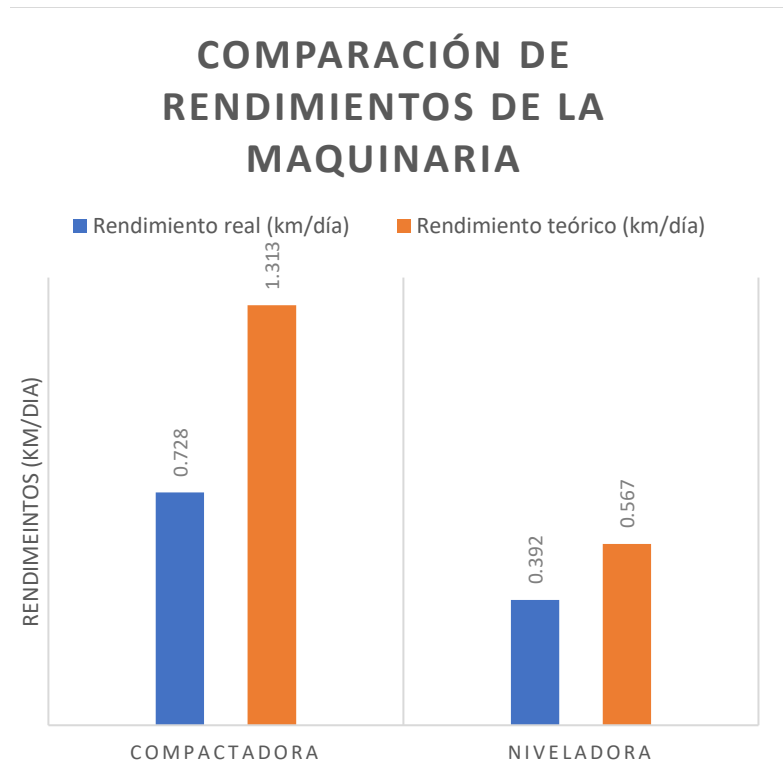


Figura 2. Rendimientos de la maquinaria en reconfiguración de caminos municipales.
Fuente: elaboración propia.

Se determinó la cantidad de trabajo productivo que se está obteniendo en el desarrollo de estos proyectos viales. En las figuras 3 y 4 se muestran estos resultados, tanto para la niveladora como para la compactadora, donde esta última es la más crítica con un 50.4% de trabajo productivo, mientras la niveladora posee un 72% de trabajo productivo.

A partir de los resultados, se procede, por medio de consultas a juicio de expertos, cuestionarios aplicados a los trabajadores y observación directa, a determinar las consecuencias que provocan los bajos rendimientos, las cuales son esas malas prácticas o acciones que están provocando atrasos en tiempo de trabajo y que a la larga producen costos más elevados en los proyectos. Con este insumo

se confecciona un diagrama de Ishikawa para recapitular esta información y, posteriormente, se crea una propuesta de mejora, la cual es una lista de recomendaciones para atacar los bajos rendimientos encontrados.

Se concluye que los rendimientos reales obtenidos son menores que los teóricos, por lo que no se está siendo eficiente con el uso de la maquinaria en los proyectos, tanto para la niveladora como la compactadora y el avance conjunto. El trabajo productivo que se está teniendo es inferior a lo que dice la teoría para la maquinaria. Todo esto es ocasionado por diversos factores que se determinan en el documento y se les otorga recomendaciones para atacar y disminuir su efecto.



Figura 3. Porcentajes de trabajo niveladora
Fuente: elaboración propia.



Figura 4. Porcentajes de trabajo compactadora
Fuente: elaboración propia.

Introducción

El presente informe de graduación presenta un estudio y análisis, así como la estimación del rendimiento real de la maquinaria vial que posee la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM) de la Municipalidad de Buenos Aires en algunos de los proyectos realizados en el 2019.

La maquinaria consiste en un frente de trabajo de una motoniveladora y una compactadora de suelo vibratoria. Además de tres vagonetas, una retroexcavadora y un cargador. Estas dos últimas máquinas no son usadas de manera frecuente en proyectos viales, se utilizan principalmente en labores de limpieza y traslado de objetos en el plantel municipal.

Como parte de los objetivos del proyecto, se realizó una investigación del contexto de trabajo, siendo un gobierno local financiado en gran parte por recursos del Estado, del funcionamiento de la UTGVM, así como sus orígenes y de los proyectos que realiza este departamento.

Se realizó una investigación teórica sobre las características de la maquinaria por estudiar, es decir, su funcionamiento, marca y modelo, actividades constructivas que pueden llegar a realizar y los factores que repercuten en el rendimiento de estas. Se estudiaron también los rendimientos teóricos y cómo obtenerlos para la maquinaria en estudio, esto con el fin de compararlos con los rendimientos reales encontrados.

El proceso de toma de datos para el cálculo de los rendimientos se basó, principalmente, en una plataforma digital llamada NAVSAT, la cual con tecnología permite llevar un monitoreo y gestión de flotas de trabajo, todo mediante Sistema de Posición Satelital (GPS-por sus siglas en inglés) en los equipos, brindando tiempos reales de trabajo, así como distancias recorridas por la maquinaria. Se realizaron visitas *in situ* para conocer el funcionamiento y protocolo de trabajo, las máquinas y los proyectos que realizan. También se elaboraron formularios de tomas de datos *in situ* que consideran tiempos, distancias, factores ambientales, del tipo de obra y climáticos.

Se estimaron los costos por kilómetro trabajado, de acuerdo con lo presupuestado y lo ejecutado finalmente en cada proyecto. Además, se analizó y graficó toda la información recopilada con el fin de estudiar la situación de productividad de la maquinaria en el Municipio. Paralelo a ello, se determinaron las causas de la baja productividad detectada, se creó un plan de mejora y se brindaron recomendaciones que buscan aumentar el rendimiento en los procesos constructivos viales.

Este estudio representa una herramienta para el Municipio, dado que nunca ha tenido una investigación de este tipo, donde se pueda conocer si el rendimiento o producción de la maquinaria es alto o bajo con respecto a lo que dicta la teoría o fichas técnicas. El problema por resolver que da fundamento al desarrollo de la presente investigación yace en la necesidad de medir los rendimientos reales del frente de trabajo y poder brindarle posibles soluciones y recomendaciones al municipio que busquen optimizar y mejorar la productividad encontrada.

Objetivo general

Estimar rendimientos y productividades de la maquinaria vial para la Municipalidad de Buenos Aires con el fin de optimizar procesos viales.

Objetivos específicos

- Caracterizar la maquinaria que se usa en el Municipio, así como las actividades que realizan.
- Medir los rendimientos y productividades de la maquinaria
- Estimar los costos por kilómetro de proyecto.
- Comparar los rendimientos reales con los rendimientos teóricos esperados.
- Identificar las variables que afectan los rendimientos en las maquinarias.
- Elaborar una propuesta de mejora.

Marco teórico

Un estudio del rendimiento de maquinaria pesada permite valorar qué tan eficiente está siendo la manera en la que se está trabajando los proyectos viales. No obstante, para llegar a estos procedimientos y resultados, es necesario definir algunos conceptos que ayudarán a entender mejor el contexto y los resultados obtenidos. Estos conceptos son los siguientes.

Rendimiento

El rendimiento se define como el trabajo realizado por unidad de tiempo. Para el caso de maquinaria que ejecuta trabajos viales, el trabajo es medido por kilómetros o metros cuadrados realizados y el tiempo es generalmente expresado en horas o días.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Trabajo realizado [km, m}^2\text{]}}{\text{Tiempo [días, hora, min]}}$$

El rendimiento es la cantidad de obra que se realiza en un determinado periodo de tiempo con los recursos de mano de obra y los materiales y equipos disponibles (Leandro, 2018).

Se debe acotar que existen dos tipos de rendimientos por considerar: los rendimientos teóricos y los rendimientos reales. Los teóricos son los que se calculan por medio de fórmulas o ecuaciones que salen de la investigación literaria en diferentes fuentes y se obtienen con el propósito de compararlos con los rendimientos reales que proporciona la maquinaria en la obra. Esto es de suma importancia para medir y cuantificar la calidad del trabajo y ver la realidad de este. Es decir, si se trabaja bien o mal basados en qué tan alejados estén los rendimientos reales de los teóricos.

Maquinaria vial

La maquinaria en una construcción es importante, pues contribuye reduciendo tiempos y aumentando trabajo que el ser humano por sí solo no podría realizar. Esto hace posible realizar proyectos de gran tamaño en periodos menores.

De acuerdo con Alejandro Medina (2017), existen tres grandes grupos de maquinaria pesada usada en movimientos de tierra, de acuerdo con las funciones o actividades que realizan. Estas son:

- 1- Máquinas para excavación: tractores, excavadoras, escarificadoras, motoniveladoras, equipos de perforación y equipos de voladura.
- 2- Máquinas para remoción y transporte: tractores (cuando las distancias son cortas), traíllas, motoniveladoras, vagonetas y camiones.
- 3- Maquinaria para esparcimiento y compactación: tractores con pala, motoniveladoras y compactadoras de rodillo.

En la práctica, como existe una variedad amplia de maquinaria, el ingeniero debe seleccionar las máquinas que mejor favorezcan con el tipo de obra por realizar. Esto se hace analizando la magnitud del proyecto, los volúmenes de materia por trabajar, la resistencia del suelo, las distancias de acarreo, el tipo de material y el rendimiento de la maquinaria.

La mayoría de las máquinas de construcción actualmente funcionan con diésel como combustible y cada vez se actualizan con mejores y más resistentes materiales. Los sistemas o partes de la maquinaria son: el motor, el sistema de tren y rodaje, el sistema de transmisión, el sistema de control, el chasis, y los elementos de trabajo que son las hojas, escarificadores, palas, cucharones, entre otros (Medina, Apuntes del curso "Carreteras II", 2017).

Abultamiento del suelo

El abultamiento del suelo es uno de los factores que afecta en gran medida el trabajo de una máquina. Al realizar movimientos de tierra, es conveniente saber que el volumen de la tierra y su densidad sufren cambios considerables cuando se excava, acarrea, coloca y compacta. Estos cambios pueden incrementar o disminuir el volumen y, por consiguiente, la densidad del suelo.

De acuerdo con Alejandro Medina (2017), cuando se presencia un aumento del volumen del suelo, paralelamente existe una disminución en la densidad de este. A dicho incremento de volumen se le conoce como hinchamiento o abultamiento del suelo.

Por otro lado, cuando se disminuye el volumen del material en alguna de las fases o etapas anteriores, automáticamente se tiene un aumento en la densidad del material. A la disminución del volumen, en este caso, se le denomina encogimiento o contracción del suelo.

Cuando el material se encuentra en su estado natural, se denomina en “metros cúbicos en el banco”. Una vez excavado ese material y luego cargado para su traslado, su medida es en “metros cúbicos sueltos”. Por último, una vez que ese material es colocado en el sitio de relleno y se compacta, su medida es en “metros cúbicos compactados”.

Por último, se debe comprender que, aunque para un mismo material existan tres volúmenes distintos, el peso del material siempre es constante.

Para considerar estos factores de abultamiento y encogimiento en los volúmenes de suelo, Medina (2017) menciona que se puede hacer de la siguiente manera:

$$A = \left(\left(\frac{\gamma_n}{\gamma_s} \right) - 1 \right) * 100$$

$$E = \left(1 - \left(\frac{\gamma_n}{\gamma_c} \right) \right) * 100$$

Donde:

A= Factor de abultamiento

E= Factor de encogimiento

γ_s = Densidad suelta

γ_n = Densidad natural (en banco)

γ_c = Densidad compactada

Infraestructura vial pública

La infraestructura vial consiste en el conjunto de elementos estructurales y físicos que permiten el tránsito de vehículos cumpliendo con requisitos mínimos de confortabilidad y seguridad, desde un punto a otro. De acuerdo con Arsenio Vallverdu (2010), la infraestructura vial es el medio a través del cual se le otorga conectividad terrestre al país para el transporte de personas y de carga, permitiendo realizar actividades productivas, de servicio, de distracción y turísticas.

La infraestructura es una pieza clave e indispensable para el desenvolvimiento de la economía y desarrollo productivo del país, además, por ser proyectos generalmente muy extensos en distancias por todo tipo de terrenos, suelos e irregularidades topográficas, son proyectos que traen consigo un costo de inversión alto. En los proyectos de infraestructura vial existen tres fases principales por tomar en cuenta: construcción, mantenimiento y la rehabilitación. En todas generalmente se involucra maquinaria pesada para ejecutar actividades.

La construcción es la creación o mejoramiento de una superficie vial, ya sea existente o que requiere mejorar condiciones. El mantenimiento son las actividades que se aplican periódicamente y que buscan alargar la vida útil de la obra. La rehabilitación, por su parte, consiste en la reconstrucción de la carretera existente debido a irregulares presentes que impiden tránsito, es decir, cuando se llegó al fin de la vida útil, esta requiere regresar a las condiciones mínimas que permiten satisfacer al usuario en seguridad y confort (Vallverdu, 2010).

La infraestructura vial es todo el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos en forma confortable y segura desde un punto a otro.

Calzada

De acuerdo con la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) (2004), la calzada es la zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos, con ancho suficiente para acomodar un cierto número de carriles para el movimiento de estos. Esta incluye los hombros laterales.

Carretera, calle o camino

Es un calificativo que se designa a una vía pública para fines de tránsito de vehículos y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía (SIECA, 2004).

En áreas urbanas se denomina calle o avenida, en áreas rurales carreteras para vías pavimentadas, carreteras para vías no pavimentadas, caminos vecinales, sendas o brechas de tierra sin diseño geométrico u obras de drenaje. En general, vía o vía pública.

De acuerdo con Medina (2017), la carretera es una obra de ingeniería que comunica dos puntos geográficos (que no están en el mismo punto) separados entre sí. Esta obra permite el intercambio de bienes y servicios entre ambas poblaciones por medio de vehículos motorizados. Originalmente, las carreteras nacieron por la necesidad y el interés del comercio entre dos partes, es decir, por intereses comerciales.

Mantenimiento vial

El mantenimiento vial es necesario para el éxito de los proyectos durante su vida útil. Básicamente, consiste en el conjunto de tareas de limpieza, reemplazo y reparación que se realizan de manera regular y ordenada en una carretera. Esto para asegurar su buen funcionamiento y la prolongación de su vida de servicio, al máximo compatible con las previsiones de diseño y construcción de la obra (SIECA, 2004).

Las obras que se realizan en la Municipalidad son de carácter de mantenimiento. Estas buscan el buen funcionamiento durante todo el año de las vías cantonales.

Eficiencia

De acuerdo con Leandro (2018), la eficiencia es la relación que existe entre el tiempo productivo de una actividad y el tiempo total de la jornada laboral. El resultado de dicha división representa el porcentaje de trabajo en tiempo productivo con respecto al tiempo total dispuesto para realizar la actividad.

Productividad

Es una medida de la eficiencia y la efectividad con la que los recursos son manejados en el sitio de trabajo, con el fin de apoyar las actividades de campo y producir una obra determinada que cumpla con las especificaciones de costo, calidad, tiempo, seguridad y protección al ambiente que el cliente demanda. La eficiencia con la que se produce una actividad o un proyecto corresponde a la productividad. Si se llega a implementar procesos adecuados, la eficiencia puede aumentar, así como la productividad, esto baja costos de construcción y costos finales para el cliente o usuario (Leandro, 2018).

Es necesario separar dos conceptos que tienden a confundirse entre sí: producción y productividad; mientras que la producción se refiere a la actividad de elaborar bienes o servicios, la productividad se refiere a la eficiencia con que se emplean los recursos al producir esos bienes o servicios. Por estar relacionadas, algunas veces se llega a pensar que, a mayor producción, mayor productividad, cuando no siempre es así. En términos cuantitativos, la producción es la cantidad de productos que se produjeron, mientras que la productividad es la razón entre la cantidad producida y los insumos utilizados (Flores y Ramos, 2018).

Serpell (2002) menciona que la productividad puede definirse como la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo específico y con un estándar de calidad dado. La productividad es la combinación de la efectividad y eficiencia, ya que la efectividad está relacionada con el desempeño, producto final, y la eficiencia con la utilización de los recursos.

La efectividad es la capacidad de lograr un efecto deseado o esperado (el producto). Por su parte, la eficiencia es la capacidad de lograr el efecto en cuestión con el mínimo de recursos viable. El objetivo de cualquier constructor o proyecto de construcción es ubicarse en el cuadrante de alta eficiencia y efectividad, como se observa en la figura 5, ya que solo así es posible lograr una alta productividad en el proyecto (Serpell, 2002).



Figura 5. Relación entre eficiencia y eficacia en la productividad
Fuente: (Serpell, 2002)

En el sector construcción, los principales recursos empleados son: materiales, maquinaria y equipos, y mano de obra. Considerando los diferentes recursos, es posible hablar de productividades. En la figura 6, se observan estos tres grandes tipos de productividad de la gestión.

Productividad de los materiales: es importante una buena utilización de los materiales, evitando todo tipo de pérdidas.

Productividad de la maquinaria: este es un factor importante por el alto costo de los equipos, es trascendental para evitar pérdidas en la utilización de equipos.

Productividad de la mano de obra: es un factor crítico, ya que es el recurso que fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad en los otros recursos. Se requiere mano de obra para operar la maquinaria y manipular los materiales.

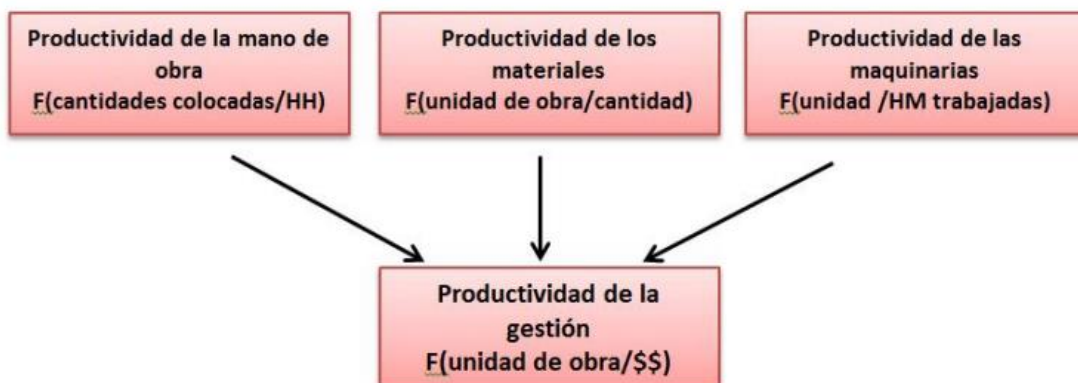


Figura 6. Tipos de productividad.
Fuente: (Serpell, 2002)

Durante la ejecución de una obra, la mano de obra es el elemento más importante, debido a que los trabajadores son los que producen la transformación de los otros recursos (materiales y equipo) en el producto final. Al mismo tiempo, los obreros con su rendimiento son los que marcan el ritmo de los otros recursos y, por lo tanto, de la obra en general.

Hay muchos factores que afectan la productividad en la construcción. Lo importante

para el administrador de una obra es saber cuáles son los más negativos para poder actuar sobre ellos adecuadamente y disminuir sus consecuencias, además, cuáles aportan mayor eficiencia para incrementar su efecto (Serpell, 2002). En la figura 7, se exponen algunos factores que empeoran y otros que ayudan en la productividad de proyectos constructivos.



Figura 7. Productividad y algunos de sus factores.
Fuente: (Serpell, 2002)

Trabajos por administración

Corresponde a los trabajos que se ejecutan en los cuales no existen renglones ni precios establecidos en el contrato, estos trabajos son recomendados previamente por el supervisor y se realizan después que sean aprobados por la Unidad Ejecutora.

El pago de estos trabajos se realiza mediante el precio unitario integrado con los costos reales y lógicos, como mano de obra, materiales, renta de equipo y el rendimiento de la mano de obra usada. Los precios unitarios serán aprobados por la Unidad Ejecutora, previo a la orden correspondiente (SIECA, 2004).

NAVSAT

Navegación Satelital de Costa Rica es una empresa de tecnología de posicionamiento satelital de vehículos y flotillas con cobertura

centroamericana fundada en el año 2006, con el lanzamiento de sistemas con tecnología de GPS (Global Position System). NAVSAT ofrece una plataforma que permite el monitoreo y el seguimiento de vehículos del gobierno y a empresas privadas. El sistema que posee permite al cliente o usuario conocer la posición y hora real tanto en tiempo pasado como en tiempo actual en que estuvo un vehículo que tenga el dispositivo, además, conocer los movimientos o viajes que realizó y las distancias recorridas, gracias a los mapas actualizados que posee.

Este sistema cuenta con un programa de uso en línea, del cual el Municipio paga una licencia, con este se lleva un control de la maquinaria y flotilla vehicular en general, donde se puede conocer sobre la ubicación real del equipo o vehículo, los viajes realizados en el día a día y los viajes pasados, los recorridos realizados, los tiempos (hora) exactos en que se ha movido o trasladado la maquinaria, así como los tiempos reales de trabajo, entre otros aspectos. Todo esto mediante un dispositivo GPS incorporado estratégicamente dentro de la carrocería de la máquina o vehículo.

En la figura 8 se observa la interfaz principal y general de trabajo del programa, el mapa satelital, el cual tiene dos modos de visualización:

información de la flota vehicular y la sección típica de viajes del equipo.

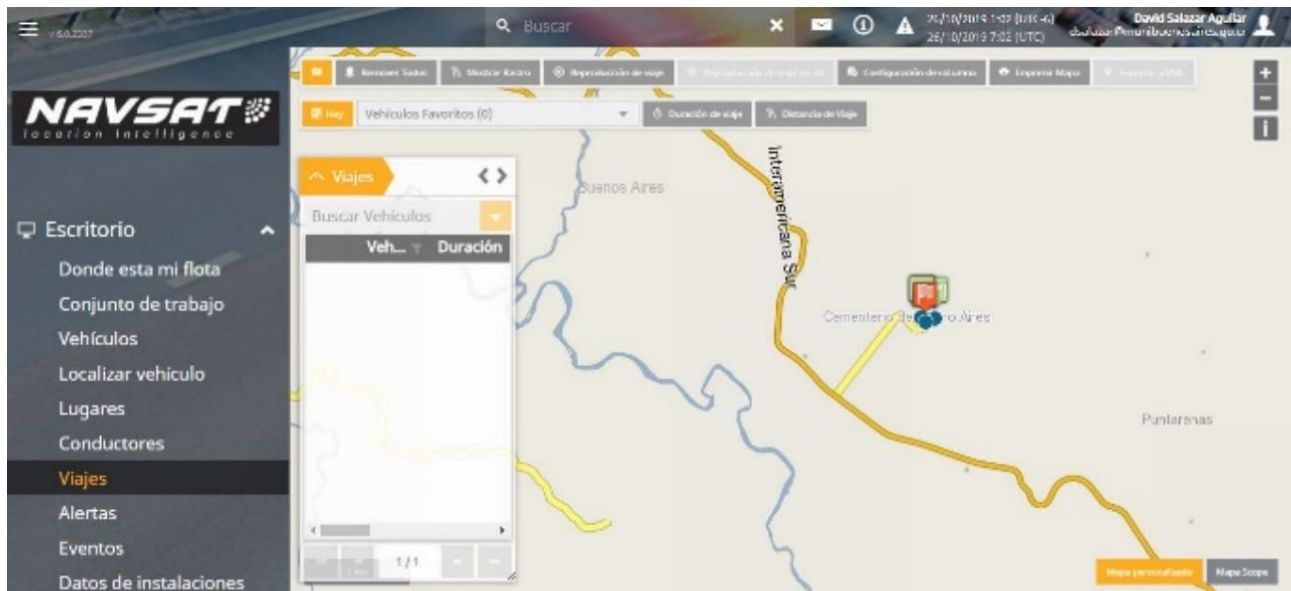


Figura 8. Interfaz general de trabajo de NAVSAT.
Fuente: captura tomada por el autor dentro del programa.

En la figura 9, se observa dentro del programa, la forma en la que se puede seleccionar el grupo de vehículos según el tipo de equipo de trabajo del cual se quiere analizar. En el caso de la municipalidad, tiene grupos vehiculares como

administrativos, cuadrilla de maquinaria (corresponde a la máquina pesada en estudio), cuadrilla de puentes y otras cuadrillas o grupos vehiculares.

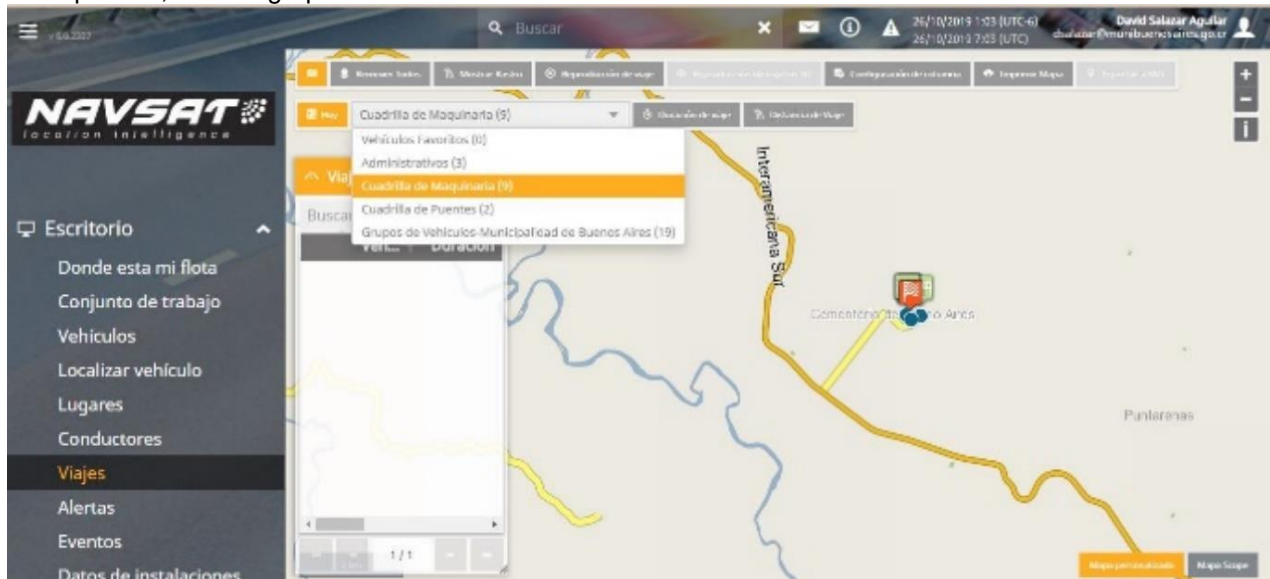


Figura 9. Interfaz general de NAVSAT- selección de viajes y cuadrillas de trabajo.
Fuente: captura tomada por el autor dentro del programa.

En la figura 10, se observa la forma de selección del tiempo que se quiere analizar. Puede ser un rango de días escogidos por el usuario a conveniencia, puede ser del propio día, del día

anterior, de la semana en curso, un día en específico tiempo atrás, del mes actual, entre otras opciones.

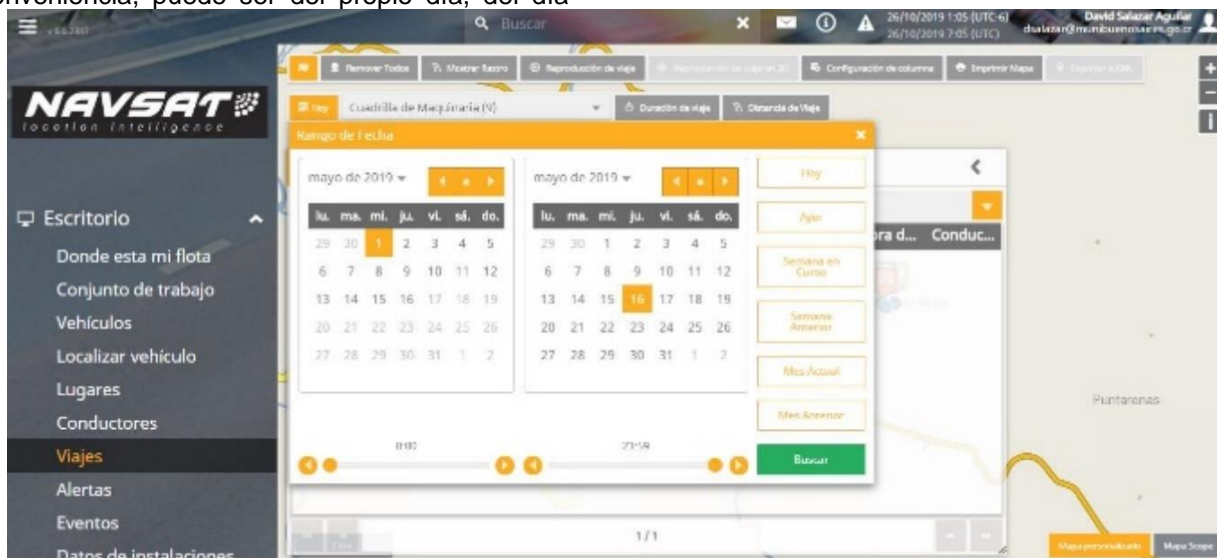


Figura 10. Interfaz general de NAVSAT- selección de fechas o días por analizar.

Fuente: captura tomada por el autor dentro del programa.

Una vez seleccionado el grupo de trabajo vehicular y la o las fechas en las que se quiere hacer el estudio, se procede a seleccionar la máquina o

vehículo específico de ese grupo con la que se empieza a tomar las mediciones, tal como se observa en la figura 11.

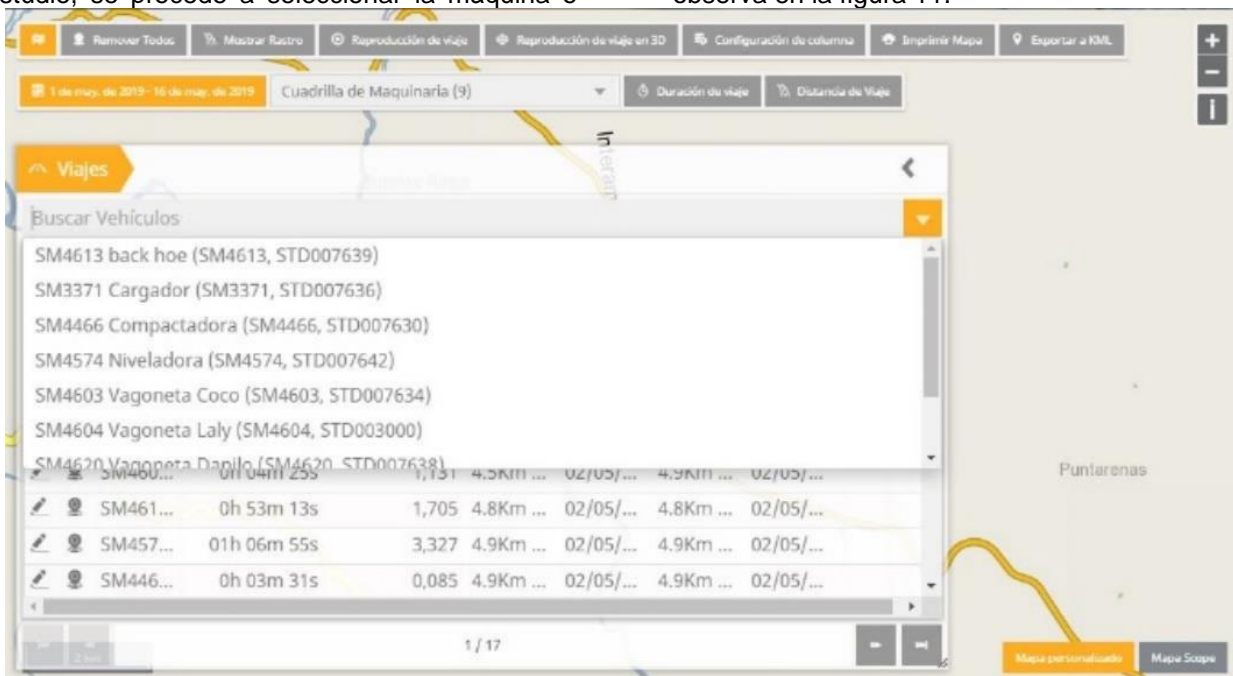


Figura 11. Interfaz general de NAVSAT- escogencia de la máquina específica por analizar.

Fuente: captura tomada por el autor dentro del programa.

Una vez escogidos todos los parámetros y condiciones previas, se selecciona la opción “Reproducción de viaje”, en la que se hace la visualización del recorrido del viaje, como se observa en la figura 12. Se puede activar solo un

viaje o bien todos los viajes del día e ir analizando uno a uno el comportamiento de trabajo, número de pasadas, si era solo traslado, o bien si se enciende la máquina y queda detenida (no trabajando).

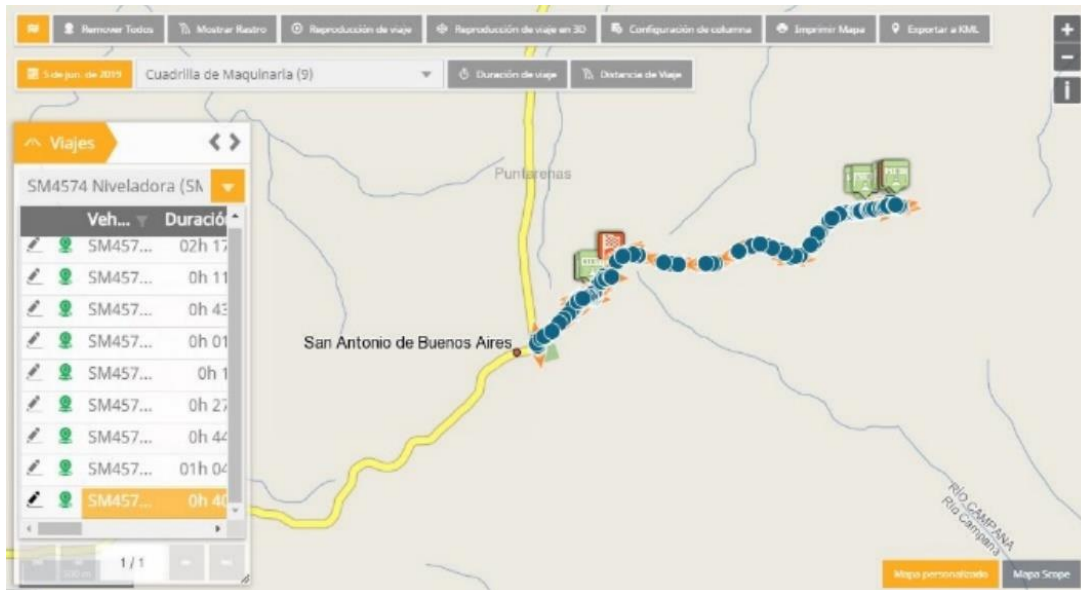


Figura 12. Interfaz general de NAVSAT- ejemplo de visualización de recorrido de viaje.
Fuente: captura tomada por el autor dentro del programa.

Como se aprecia en la figura 13, se puede obtener la hora exacta en la que inició y finalizó cada viaje de la máquina, el odómetro, el comportamiento de la velocidad, entre otras características. Además,

para más precisión, se puede exportar los puntos en formato KML a programas como Google Earth Pro donde se puede verificar las distancias reales de trabajo.

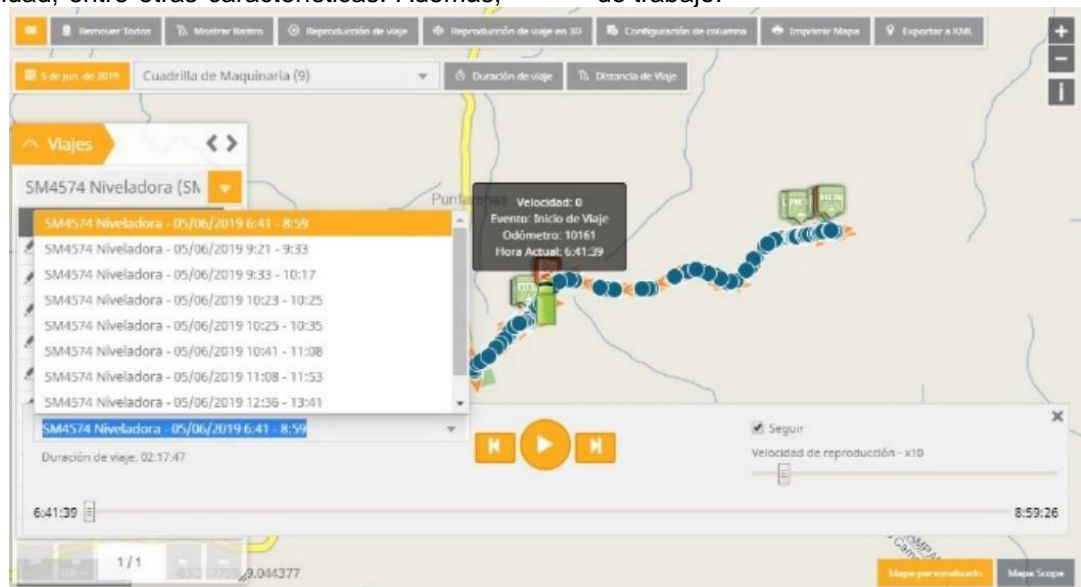


Figura 13. Interfaz general de NAVSAT- detalle en tiempos de trabajo.
Fuente: captura tomada por el autor dentro del programa.

Diagrama de Ishikawa

También conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto. Es una herramienta de la calidad que ayuda a levantar las causas o raíces de un problema, analizando todos los factores que involucran la ejecución del proceso. Se basa en la metodología de que todo problema tiene causas específicas, las cuales deben ser analizadas y probadas. Eliminando las causas, se elimina el problema (Arenhart y Martins, 2018).

Es usado para ver las causas principales y secundarias de un problema (efecto), ampliar la visión de sus posibles causas y para mejorar en los procesos. En la figura 14 se observa la estructura o esquematización típica de un diagrama de Ishikawa, el cual sugiere que, para atacar problemas de baja productividad, se puede hacer introspección, encontrar las causas y subcausas del problema y actuar sobre ellas.

En este estudio se emplea el diagrama de Ishikawa para esquematizar y observar con claridad las causas que están ocasionando bajos rendimientos y productividad, en caso de existir baja producción. Además, permite agrupar por grupos o áreas las causas encontradas, lo cual mejora el entendimiento de estas.

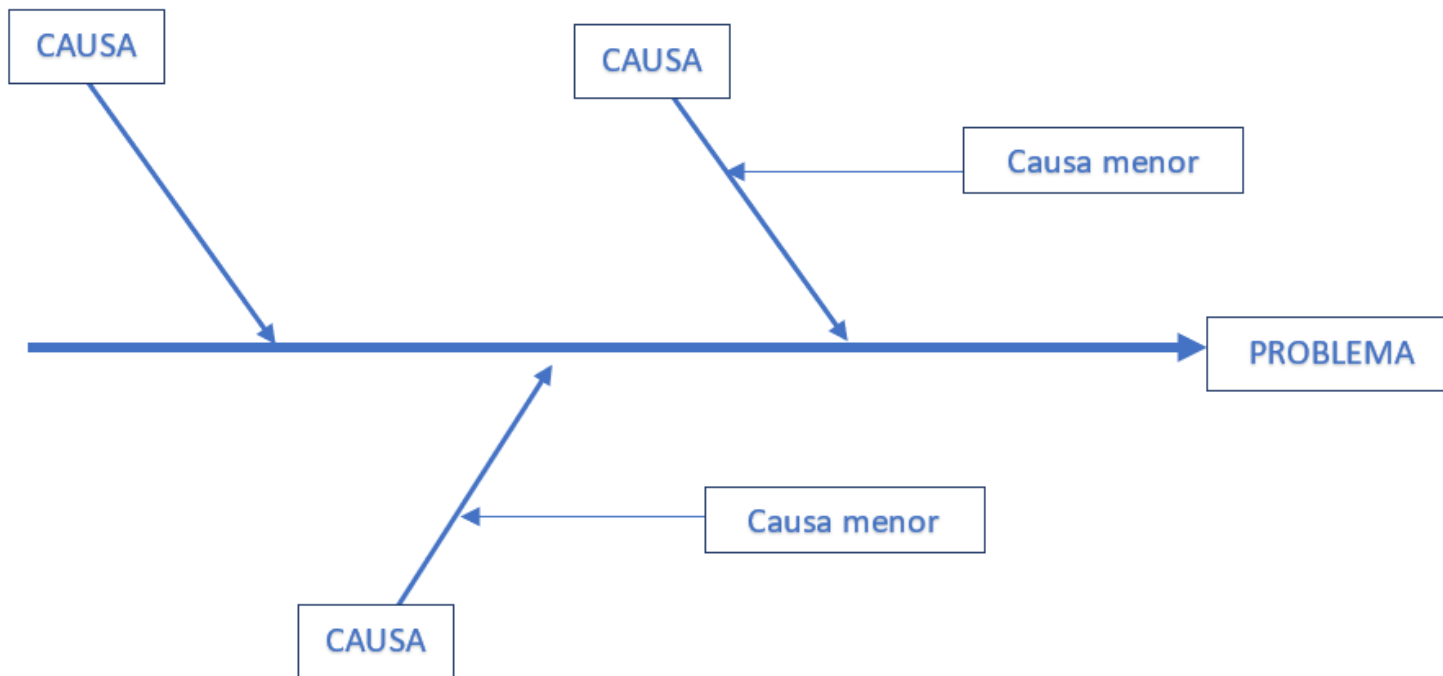


Figura 14. Diagrama de Ishikawa.
Fuente: elaboración propia.

Información general de la Municipalidad

Contexto y antecedentes

Historia del cantón

De acuerdo con el plan quinquenal 2016-2020 de la UTGVM de la Municipalidad de Buenos Aires, lo que hoy corresponde al territorio del cantón de Buenos Aires, durante la época precolombina, estuvo habitado por indígenas llamados Borucas o Bruncas. Los franciscanos Pablo de Rebudilla y Antonio de Andrade, en 1700 fundan un pueblo indígena llamado San Francisco de Térraba con indios Terbis de Talamanca. Para el año 1712, estos frailes establecieron en las sabanas de la región un hato de ganado vacuno, a partir de entonces y durante el resto de la colonia, se le conoció a la región como Hato de los misioneros de Térraba, Hato de la misión o simplemente Hato.

Don Pedro Calderón, quien fue vecino de San Ramón, en 1868, bajo un contrato con el Gobierno de la República, abrió un camino desde el caserío La Estrella (hoy el Guarco de Cartago) hasta los pueblos de Térraba y Boruca, donde se unió con el camino que conducía a Panamá. Don Pedro se estableció en 1870 con su familia en la hoy ciudad de Buenos Aires. A partir de ese momento fue creciendo la población tanto indígena como no indígena.

Durante la administración de Alfredo González Flores, el 26 de junio de 1914, mediante la ley nro. 31 se le otorgó el título de Villa a la población de Buenos Aires, la cual se designó como cabecera del cantón de Osa, fundado en 1915 y donde Buenos Aires fue el caserío principal.

En 1940, se funda el cantón de Buenos Aires, siendo el tercero de la provincia de Puntarenas mediante la ley nro. 227, la cual dispuso dividir el cantón de Osa en dos, creando

de tercero al cantón de Buenos Aires y de quinto al cantón de Osa; se le otorgó esta numeración, ya que, para ese entonces, existía el cuarto cantón puntarenense, el cual era Miramar. Para este año Buenos Aires contaba solo con 5 distritos. En 1961, debido a la apertura del tramo de la carreta Interamericana entre las ciudades de San Isidro y Buenos Aires, la región experimentó un aumento de la población debido a la llegada de emigrantes procedentes del Valle Central. Posteriormente, en 1970 a la villa se le confirió la categoría de ciudad.

Descripción general del cantón

De acuerdo con la geología del cantón, se cuenta con múltiples fallas, lo que lo convierte en un área vulnerable a los sismos. Debido al tipo de suelo que posee, también es una zona propensa a deslizamientos en sectores cercanos a ríos o afluentes, o bien a sectores montañosos.

En el cantón predomina la zona de vida del bosque tropical húmedo y bosque muy húmedo premontano. Las oscilaciones de altura varían entre los 100 metros y más de 3000 metros sobre el nivel del mar. Cabe recalcar que Buenos Aires es el cuarto cantón más grande en extensión del país.

La topografía en general es ondulada y escarpada. Los suelos son de texturas francas o arcillosas, profundas, bien drenadas y friables, esto provoca que se pueda desmoronar con facilidad.

La región presenta precipitaciones anuales cercanas a los 3107 milímetros. La lluvia provoca que el suelo sea pegajoso cuando está mojado, firme si se encuentra húmedo, duro y polvoriento cuando no llueve. La humedad relativa es de un 66% y llega a alcanzar hasta un 81,5%.

Debido a las fuertes lluvias y por el tipo de caminos existentes, muchas comunidades quedan incomunicadas en el invierno a causa de problemas viales. Además, al contar con gran cantidad de ríos y afluentes, lo convierte en potencial zona de inundación durante época lluviosa, la mayor parte de estos desastres ubicados en los márgenes del Río Grande de Térraba y del Río Ceibo.

La región sur de Costa Rica es una de las más deprimidas desde el punto de vista del desarrollo económico regional, las principales prácticas productivas son el café y la ganadería, las cuales actualmente no son soluciones factibles para propiciar un desarrollo económico y social sostenido.

El cultivo de piña en grandes extensiones, principalmente producidas por la empresa PINDECO, concentrado principalmente en alrededores del cantón de Buenos Aires, con procesos productivos y tecnología avanzada para la industrialización y dedicada a la exportación, es el principal pilar de desarrollo económico para la región como fuente de empleo. La ganadería está dedicada principalmente a la producción de carne, por lo que grandes extensiones de área de pastoreo son visibles en la zona.

De acuerdo con Ileana Arauz (2010), en su estudio *Análisis del sistema turístico del cantón de Buenos Aires*, las actividades económicas del cantón más importantes son:

Granos básicos: maíz y frijol, concentrándose en los distritos de Chánguena y Pilas, en este último distrito se ha desarrollado un proyecto conjunto con varias instituciones para mejorar integralmente los sistemas de comercialización mediante transferencia de tecnología.

Actividad pecuaria: compuesta por especies menores, como avicultura, porcicultura, apicultura, acuícola, además de la ganadería bovina que aún mantiene su actividad.

Actividad cafetalera: el distrito de Biolley mantiene una producción cafetalera, la cual es procesada en gran parte por el micro beneficio de

la Asociación de Mujeres de Biolley (ASOMOBI), su destino final es nacional e internacional.

Actividad cañera: la cooperativa COOPEAGRI posee plantaciones de caña de azúcar en el distrito Volcán y el distrito de Potrero Grande.

Actividad piñera: es la que abarca la mayor extensión territorial concentrándose en tres distritos del cantón: Potrero Grande, Volcán y Buenos Aires, con alrededor de 12.000 hectáreas conformadas por plantaciones, fragmentos de bosque primario y secundario cercanos a los cuerpos de agua y reservas privadas con fines de protección y conservación.

En el cuadro 3, se detallan cualitativamente áreas de producción de los principales productos producidos en el cantón y las actividades respectivas.

CUADRO 3. ACTIVIDADES AGROPECUARIAS DE BUENOS AIRES.		
Cultivo	Área (HA)	Rendimiento (TM)/HA
Piña	5 000	45
Caña de azúcar	1 600	90
Frijol	900	0,54
Café	800	34 fanegas
Maíz	700	2,9
Ayote	400	9
Raíces y tubérculos	300	7
Arroz	200	3,5
Plátano	140	17
Naranja	120	0,13

Fuente: Plan Quinquenal (Unidad Técnica de Gestión Vial, Municipalidad de Buenos Aires, 2015)

La vulnerabilidad a desastres naturales es otro aspecto importante por considerar. En la zona las principales amenazas son deslizamientos de terrenos, inundaciones por ríos y quebradas, principalmente por el río Grande de Térraba, Río Cabagra y río Ceibo, y sismos provocados por fallas geológicas.

Las coordenadas geográficas del cantón están dadas por 09°05'20" latitud norte y 83°16'07" longitud oeste. Además, los límites del cantón son:

Este: Talamanca y Coto Brus
 Oeste: Pérez Zeledón
 Norte: Talamanca y Pérez Zeledón
 Sur: Osa, Golfito y Coto Brus

En la figura 19 se observa la ubicación geográfica del cantón en el territorio nacional.



Figura 19. Ubicación geográfica del cantón de Buenos Aires.

Fuente: (Unidad Técnica de Gestión Vial, Municipalidad de Buenos Aires, 2015)

El cantón de Buenos Aires está conformado por nueve distritos:

1. Buenos Aires (Distrito cabecera)
2. Volcán
3. Potrero Grande
4. Boruca
5. Pilas
6. Colinas
7. Changuena
8. Biolley
9. Brunca

En la figura 20, se muestra la distribución geográfica de los distritos en el cantón.

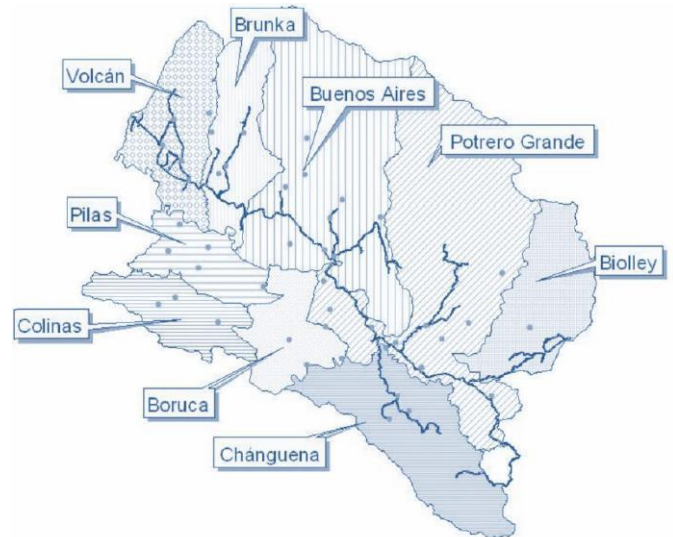


Figura 20. Distribución distrital del cantón de Buenos Aires

Fuente: (Unidad Técnica de Gestión Vial, Municipalidad de Buenos Aires, 2015)

El cantón posee una extensión de 2384.22 km², este territorio corresponde al 4.7% del territorio nacional y ocupa la cuenca media del Térraba, entre los cantones de Pérez Zeledón, Coto Brus y Osa. En extensión es el cuarto cantón más grande de Costa Rica.

Índices del cantón y del país que inciden en la Gestión Vial.

Costa Rica ocupa el puesto 98 de acuerdo con el reporte Global de Competitividad 2018-2019 de Infraestructura de Transporte (Financial Advisory & Infrastructure - Deloitte, 2018). Uno de los últimos puestos en el continente. Desde esta perspectiva, llama la atención la necesidad de intervención a nivel país en infraestructura para mejorar la plataforma de desarrollo socioeconómico. Por medio de la materialización, se pretende subir posiciones en el ranking de competitividad de infraestructuras, por medio del mejoramiento de la red vial en el país.

El cantón de Buenos Aires se encuentra en una posición desfavorable con respecto al resto del país en cuanto al Índice de Desarrollo Social (IDS), el cual abarca cuatro grandes dimensiones de derechos y accesibilidades sociales (Económica, Participación Social, Salud y Educativa). Buenos Aires ocupa la sexta posición en este índice para la zona sur, es decir, de los últimos lugares de la región.

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es, por otra parte, otro parámetro para cuantificar qué tan bien o mal está un cantón en cuanto al desarrollo. Este consiste en el proceso de expansión de libertades efectivamente disfrutadas por las personas, es decir, la posibilidad que tienen las personas de ser o de hacer lo que necesitan para concretar las acciones o proyectos de vida que consideran importantes. Desde este punto, el desarrollo de un país no debe medirse únicamente por el ingreso nacional o producto interno bruto (PIB), como tradicionalmente se ha hecho, sino también deben tomarse en cuenta aspectos como la posibilidad de disfrutar una vida larga, saludable y creativa, es decir, posee un bienestar material adecuado.

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el cantón de Buenos Aires se ha colocado en posiciones desfavorables del IDH cantonal del país, posicionándose en los últimos 10 puestos de los 81 cantones en los últimos 5 años.

Otro parámetro que incide en la gestión vial es el índice de competitividad cantonal, en el cual, de acuerdo con la Universidad de Costa Rica, el cantón se ubica en el puesto 71 de los 81 cantones en estudio.

El cantón de Buenos Aires es uno de los más poblados de la región, con una población de 48706 habitantes de acuerdo con el indicador demográfico cantonal del 2013 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Además, en el cantón habitan cuatro de las ocho etnias indígenas del país, lo cual lo hace muy diverso culturalmente y de forma implícita un sitio de interés tanto cultural como turístico. Estas poblaciones indígenas abarcan aproximadamente un 47% del territorio cantonal. Dichas etnias son Bribri, Borucas, Cabécar y Térraba (Unidad Técnica de Gestión Vial, Municipalidad de Buenos Aires, 2015).

Estado vial de las rutas cantonales

De acuerdo con el plan quinquenal 2015-2020 de la municipalidad (Unidad Técnica de Gestión Vial, Municipalidad de Buenos Aires, 2015), se cuenta con un inventario de la Red Vial Codificada que, en ese entonces, era de 1442.49 km.

Los 1442.49 km están distribuidos en 408 caminos cantonales, donde más del 99% corresponden a caminos de tierra y lastre. Como se observa, la Red Vial de Buenos Aires es muy extensa y en ese entonces correspondía a la tercera red cantonal más grande del país.

La red vial fue actualizada en el año 2004, gracias a un esfuerzo que realizó la Municipalidad, MOPT y comunidades del cantón, esto para contar con una primera clasificación y codificar las rutas cantonales.

Los caminos públicos de este país se clasifican según su función en:

RED VIAL NACIONAL, administrado por el MOPT o el CONAVI:

- Carreteras primarias
- Carreteras secundarias
- Carreteras terciarias
- Carreteras de acceso restringido

RED VIAL CANTONAL, administrado por las municipalidades:

- Caminos vecinales
- Calles locales
- Caminos no clasificados

La situación de la Red Vial Cantonal, de acuerdo con su tipología, se encuentra evaluada según el plan quinquenal 2015-2020 en el cuadro 4. Donde se aprecia que el principal tipo de superficie de rueda que predomina es caminos de lastre y tierra, con un 99.02% del total de las rutas cantonales, esto es importante de conocer para saber con qué tipo de condiciones se cuenta y el estado del cantón.

CUADRO 4. DIVISIÓN Y TIPOS DE RUTAS EN EL CANTÓN DE BUENOS AIRES					
Rutas nacionales en el cantón de Buenos Aires					
Tipo de Ruta	Código	Kilómetros	Tipo Superficie de Ruedo	%	Responsable
Primaria	RN 2	78.52	Asfalto	47%	CONAVI
Secundaria	RN 237	28.435	Asfalto	17%	MOPT
	RN 246	2.805	Asfalto	1.60%	MOPT
Terciarias	RN 610	15.745	Lastre	9.40%	MOPT
	RN 625	41.61	Lastre	25%	MOPT
Total Km.		167.115		10%	
Rutas cantonales de manejo municipal					
Tipo de Ruta	Código	Kilómetros	Tipo Superficie de Ruedo	%	Responsable
Cantonales	6-03-038	7.2	Asfalto	0.58%	Municipalidad
	6-03-	1.2	Asfalto		
	6-03-038	2.635	TSB	0.40%	Municipalidad
	6-03-074	3.2	TSB		Municipalidad
	6-03-001 al 6-03-408	1427.77	Lastre y Tierra	99.02%	Municipalidad
Total Km.		1442.49		90%	
Red Nacional y Cantonal			1609.6		

Fuente: Plan Quinquenal (Unidad Técnica de Gestión Vial, Municipalidad de Buenos Aires, 2015)

En el caso de esta municipalidad, no le ha sido fácil atender con éxito el mejoramiento de los caminos, aun cuando se cuente con actividades económicas significativas y con organizaciones privadas y públicas de importante envergadura como la empresa PINDECO o en su tiempo el proyecto Diquís.

De acuerdo con el ingeniero David Salazar, director de la UTGV, se señala en el Plan Quinquenal (Unidad Técnica de Gestión Vial, Municipalidad de Buenos Aires, 2015) el estado vial de dicha red del cantón, tal como se observa en el cuadro 5.

La estrategia para la intervención de los caminos se lleva a cabo mediante los siguientes puntos:

- Se les brinda mantenimiento a rutas conectoras (rutas que comunican un lugar con otro como principal acceso) con algún tipo de pavimento en estado de regular a bueno en primera instancia.

- Se valoran rutas con sistema de drenaje y se ve la necesidad de completar algunos sistemas ausentes.
- El abordaje de los puentes por trabajar se considera de acuerdo con el involucramiento de la comunidad en el proceso y aportes.
- Se da prioridad a rutas colectoras ligadas a las conectoras.

CUADRO 5. Estado de la RVC		
Estado	Kilómetros	Porcentaje
Buena	288.3	20%
Regular	342.65	24%
Mala	811.54	56%
Total	1442.49	100%

Fuente: Plan Quinquenal (Unidad Técnica de Gestión Vial, Municipalidad de Buenos Aires, 2015)

Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM)

En Costa Rica, los gobiernos locales (Municipalidades) contemplan, dentro de su estructura, la posibilidad de crear una entidad denominada Unidad Técnica de Gestión Vial, la cual funciona como una secretaría técnica para la Junta Vial Cantonal, ante el Concejo Municipal. La UTGVM debe tomar el rol de implementar sistemas de gestión de infraestructura vial dentro de la municipalidad y velar por la continuidad de estos (Allen, 2009).

Estas unidades se crean en el Poder Legislativo, mediante la **Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria, nro. 8114**, publicada en La Gaceta nro. 131 del 9 de julio del 2001. Mediante esta ley, se determinó que se transferirá a las municipalidades recursos para inversión pública en la Red Vial Cantonal, ya que, como se mencionó, la infraestructura es un pilar importante para el desarrollo del país. Con dicha legislación se crea la plataforma legal que permite la posibilidad para instaurar Unidades Técnicas de Gestión Vial en cada municipio del país.

Las UTGVM tienen como obligación legal desarrollar las labores de planificación y conservación de la Red Vial Cantonal. Dentro de las funciones están el crear Planes Quinquenales y Anuales de Conservación y de Desarrollo Vial, en concordancia con las políticas y directrices emitidas por el Concejo Municipal, la Junta Vial Cantonal, el MOPT y los Planes Reguladores de Desarrollo Cantonal vigentes.

De acuerdo con el plan quinquenal UTGVM (2015) Las funciones que tienen estas unidades son:

- 1) Elaborar y ejecutar los planes y programas de conservación y de desarrollo vial, en concordancia con las políticas y directrices emitidas por el Concejo Municipal, la Junta Vial Cantonal, el MOPT y los Planes Reguladores de Desarrollo Cantonal vigentes.
- 2) Promover la conservación vial participativa, a través del fortalecimiento de las organizaciones locales y su vínculo con otras instancias afines, con el propósito de propiciar trabajos conjuntos de conservación de las vías públicas y el control social de los proyectos que se realicen.
- 3) Acatar el marco normativo en materia vial y de accesibilidad, en cumplimiento de la Ley de Igualdad de Oportunidades para Personas con Discapacidad N° 7600 y demás normativa conexas.
- 4) Realizar y actualizar el inventario de la red de calles y caminos del cantón, considerando los parámetros contenidos en los formularios y herramientas que facilite la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT.
- 5) Administrar la maquinaria municipal dedicada a la atención de vías públicas y de la que se contrate o se obtenga, por medio de convenios, para este mismo fin.
- 6) Establecer un programa de verificación de calidad que garantice el uso eficiente de la inversión pública en la red vial cantonal, con base en la normativa establecida por el MOPT.
- 7) Solicitar a los contratistas los resultados del programa de autocontrol de calidad, para su respectivo análisis y aseguramiento de la calidad.
- 8) Promover alternativas para la obtención de recursos orientados a la gestión vial.
- 9) Elaborar los informes de evaluación de la Gestión Vial Municipal, que presentará mensualmente y por escrito a la Junta Vial Cantonal, en sesión ordinaria, a través de su director.

En la Municipalidad de Buenos Aires, la UTGVM está compuesta de la siguiente manera.

- Director del departamento: Ing. David Salazar Aguilar
- Ingeniero de dirección técnica y estudios: Ing. Álvaro Murillo Navarro
- Administradora contable: Eliana Obregón Montero
- Asistente administrativo superior: Andrea Espinoza Arauz
- Asistente administrativo: Malbón Barrantes Obando
- Trabajador y promotor social: Lic. Rudy Pérez Astorga

Además del cuerpo personal principal mencionado, existen los inspectores, asistentes, dibujante y secretarios, así como la planilla de peones y operarios de maquinaria pesada.

Decreto nro. 34624-MOPT

Mediante este Decreto, publicado en la Gaceta nro. 138 en el 2008, se crea el Reglamento sobre el Manejo, Normalización y Responsabilidad para la Inversión Pública en la Red Vial Cantonal. En el capítulo II: Inversión pública en la red vial cantonal, artículo 7°, se describen las modalidades de ejecución de obras municipales, las cuales pueden ser:

- a) Obras por administración, con equipo y personal propios.
- b) Obras por convenio, con participación de las comunidades, el MOPT y otras personas o entidades públicas o privadas, nacionales o extranjeras, incluyendo aquellas municipalidades vecinas que se agrupen mediante la cooperación conjunta, para hacer realidad los proyectos de mayor nivel. En caso de que se suscriban convenios con particulares, deberá privar el interés público y la ejecución de la obra estará a cargo única y exclusivamente de la municipalidad, no pudiendo delegarse esa competencia.
- c) Obras por contrato, con sus debidos carteles y reglamentación.
- d) Concesión o gestión interesada de obras y proyectos.
- e) Combinaciones de las anteriores u otras.

En el artículo 13 del mismo capítulo, se estipula la constitución de una Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal en cada cantón, la cual fungirá como Secretaría Técnica de la Junta Vial Cantonal y deberá contar, al menos, con un profesional en ingeniería civil, quien será director, así como un asistente técnico, ambos con experiencia en materia vial y un promotor social profesional en ciencias sociales.

Este decreto, fundamentado en la ley nro. 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria, estableció que un porcentaje del fondo vial debe ir a las municipalidades para que atiendan la Red Vial Cantonal.

Además, de acuerdo con disposiciones de la Contraloría General de la República y del Ministerio de Hacienda, para que cada municipalidad reciba los recursos correspondientes, debe elaborar un plan quinquenal de inversiones mediante el cual priorice las obras por ejecutar en sus comunidades. Por lo que estas instituciones fiscalizarán los recursos municipales de acuerdo con las disposiciones legales y técnicas.

Antecedentes de la planificación vial.

En Costa Rica, la Red Vial Cantonal (RVC) es el conjunto de vías públicas no nacionales en el cantón, tanto aquellas en uso como en desuso. Su función es vital, ya que brinda acceso a centros habitacionales y distintas áreas de importante repercusión social y tránsito, como producción, educación, salud y esparcimiento. Las rutas nacionales representan el 18.4% de las rutas en el país, mientras que las rutas cantonales el 81.6%. Este dato es importante destacarlo, pues las rutas cantonales representan un alto porcentaje de la red vial nacional y estas rutas son mantenidas y administradas por cada municipalidad, por lo que estarán en perfecto estado si los municipios les dan mantenimiento adecuado y cuentan con los recursos necesarios para solventar las necesidades.

Las estadísticas del 2011 demuestran que el 86.8% de LA RVC estaban en regular, malo o muy mal estado. Esto es un indicador de la falta de planificación y atención de la gestión vial. Debido

a ello, un Plan de Desarrollo y Conservación Vial (PDCV) se convierte en una herramienta de planificación importante, que permite desarrollar el proceso administrativo adecuadamente. Esto involucra la planificación, ejecución, control y evaluación en un periodo determinado.

Por otro lado, el programa de Red Vial Cantonal I MOPT-BID establece un papel preponderante de la planificación y priorización de proyectos basada en Planes de Desarrollo y Conservación Vial. Dado esto, la UTGVM debe elaborar o actualizar PDCV quinquenales y anuales para el municipio correspondiente y velar por el cumplimiento de estos.

Los PDCV son un instrumento de planificación que marca la ruta en el quehacer de un gobierno local. Tanto para la formulación y ejecución de proyectos como en la evaluación de políticas públicas locales en el tema de gestión vial. Contar con un plan de este tipo hace posible que se pueda monitorear los objetivos de desarrollo. Este debe estar alineado con los planes cantonales, planes estratégicos municipales, planes reguladores y cualquier otro tipo de planificación que exista en el ámbito local. Del mismo modo, el PDCV constituye una base para la formulación de los planes operativos anuales en los que se debe incluir los planes de mantenimiento y rehabilitación vial.

Debido a este esquema, la Junta Vial Cantonal cumple un papel fundamental, pues avala en primera instancia los PDCV tanto anuales como los quinquenales, para luego pasar por la aprobación del Concejo Municipal.

También se cuenta con Comités de Caminos, los cuales están inscritos a las Asociaciones de Desarrollo Integral. La función de estos comités es intervenir en labores de planificación y definición de prioridades de inversión, así como ejecutar las tareas relacionadas con el tema vial.

Todo el proceso de planificación incorpora estrategias de control, continuidad y evaluación con la búsqueda de posibilitar una clara comprensión de los objetivos, procesos, indicadores y la estrategia de seguimiento, en los

plazos con los resultados previstos. Dado esto, la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal es la encargada de velar por las buenas condiciones en la red vial cantonal.

Políticas en materia de gestión vial

El Consejo Municipal de Buenos Aires establece las políticas en materia de Gestión Vial, en busca de preservar y acondicionar la red vial cantonal en las condiciones adecuadas, los cuales son:

1. Conservar y mejorar la infraestructura vial cantonal de Buenos Aires dando como prioridad a la conectividad a rutas alternas como ruta nacional o cantonales.
2. Conservar los caminos dentro de un radio de 40 km del distrito central, mediante la modalidad Administración para una mejor distribución de los recursos y facilidad de ejecución.
3. Conservación a los caminos del Casco Urbano de Buenos Aires para un mejor desarrollo socioeconómico del cantón.
4. Implementar la metodología de Conservación Vial Participativa, destinada a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de las vías, a fin de planificar y ejecutar actividades de gestión vial que promuevan el desarrollo económico y social de las comunidades del cantón.

Por otra parte, la misión y visión establecidas por el municipio para este departamento de acuerdo en el plan quinquenal UTGVM (2015) son:

Visión

Contar con un Plan de Conservación, Desarrollo y Seguridad Vial que facilite los procesos de organización y desarrollo de obras físicas y sociales en pro del mejoramiento y la conservación de la estructura vial del cantón, con participación, equitativa e inclusiva de la sociedad civil, con un elevado grado de satisfacción del servicio que se brinda.

Misión

La Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal, a través del cumplimiento de la Normativa en Materia Vial y las Políticas establecidas en el Plan de Conservación, Desarrollo y Seguridad Vial, direccionará la gestión vial cantonal en actividades de conservación y mejoramiento como prioridad a rutas de conectividad, distritos centrales y cascos urbanos, sin dejar de lado los otros caminos tomando en cuenta la participación ciudadana definida como la coordinación y cooperación que se establece entre la municipalidad, el Gobierno central, las organizaciones comunales y la sociedad civil, con la finalidad de planificar, ejecutar, controlar y evaluar obras físicas de la manera más equitativa y eficientemente.

El objetivo primordial es fortalecer la Red Vial Cantonal por medio de la planificación eficaz y eficiente por parte de las personas encargadas de la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal, Junta Vial Cantonal, Gobierno local e instituciones encargadas en el tema vial, que permita una mejor transitabilidad, así como mejores condiciones de desarrollo y calidad de vida de la población del cantón.

La forma de organización jerárquica administrativa de la UTGV en la Municipalidad de Buenos Aires se observa en la figura 21.

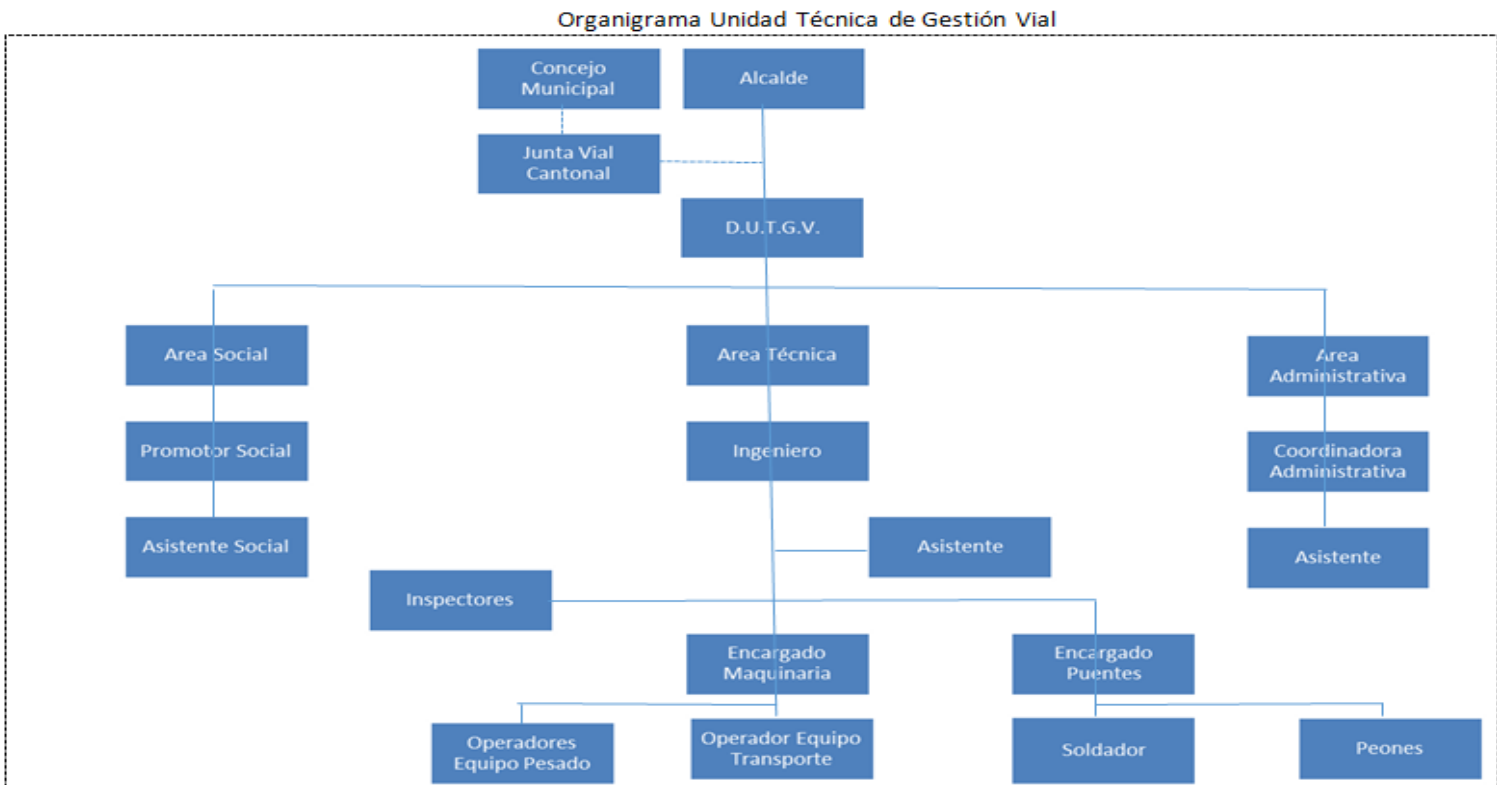


Figura 21. Organigrama de la Unidad Técnica de Gestión Vial

Fuente: Plan Quinquenal (Unidad Técnica de Gestión Vial, Municipalidad de Buenos Aires, 2015).

Además, la estructura funcional de trabajo de esta unidad está fundamentada en tres grandes áreas, las cuales deben estar coordinadas entre sí para facilitar la gestión en la UTGVM. En cada coordinación participa personal que facilita la

labor, como asistentes, inspectores, secretarios/oficinistas, operarios, entre otros. En la figura 22 se muestra la estructura funcional de la UTGVM siendo la interrelación entre estas tres áreas.

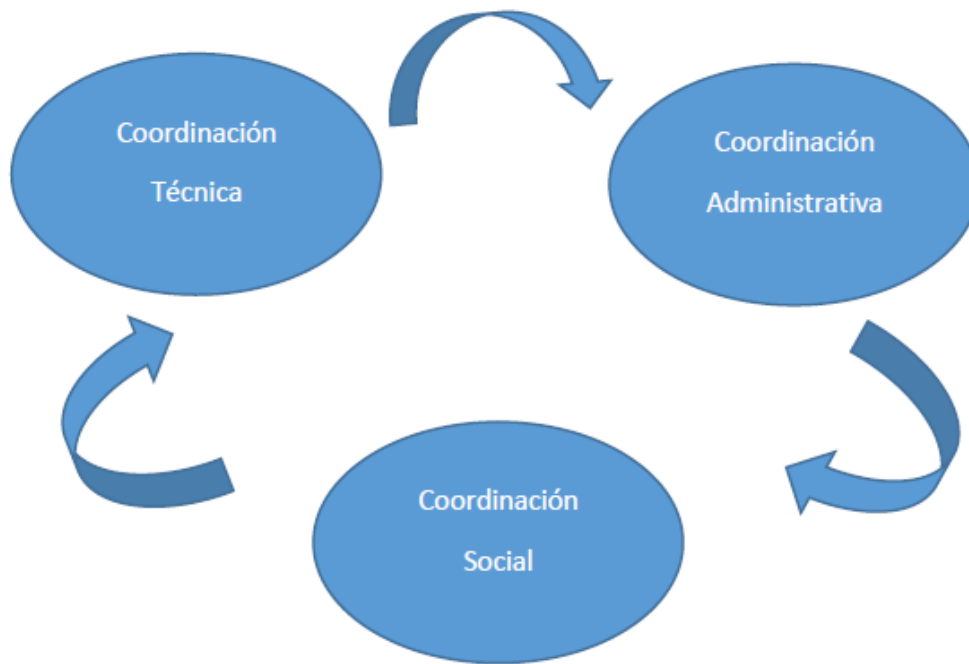


Figura 22. Estructura Funcional de la Unidad Técnica de Gestión Vial
Fuente: Plan Quinquenal (Unidad Técnica de Gestión Vial, Municipalidad de Buenos Aires, 2015).

Factores externos que afectan el rendimiento de la maquinaria

El rendimiento de maquinaria se ve afectado por muchos factores que deben tomarse en cuenta, ya que estos representan la causa de pérdidas en la productividad de los procesos constructivos. Se consideran pérdidas a todas las actividades que consumen recursos, tiempo y espacio, pero que no agregan valor y sí un costo en el proceso de construcción (Leandro, 2018).

Se logra incluir en tres categorías, los factores que afectan el rendimiento de la maquinaria. Estos son: factores humanos, factores administrativos, así como factores externos y ambientales.

En el caso de los factores humanos, estos se subdividen en dos tipos: los técnicos (Como la dimensión de la labor, variaciones en diseño, no claridad en especificaciones, etc.) y los de mano de obra (fatiga, motivación del trabajo, estrés motivado por jefes, experiencia del operador, puntualidad, etc.).

Por su parte, los administrativos se dividen en tres subdivisiones: tipo A por Gestión o motivación, corresponden a factores como falta de liderazgo, falta de supervisión y control, deslealtad laboral, retrasos en pagos, falta de sistema de incentivo, etc. Los Administrativos tipo B por

material y equipo, corresponde a factores como escasez de materiales o equipos, calidad de materiales, calidad de maquinaria, falta de mantenimiento del equipo de trabajo, etc. Por último, los administrativos tipo C de seguridad e higiene ambiental, corresponden a factores como ignorar precauciones de seguridad, falta de Equipo de Protección Personal (EPP), falta de supervisión, seguridad en las máquinas, mala condición de los equipos de seguridad laboral, falta de capacitación en seguridad y salud ocupacional.

Por último, los factores externos o ambientales son los que tienen que ver con las condiciones externas, que no se pueden modificar para provecho y afectan los procesos viales, estos factores son el clima, ruido, trabajos nocturnos, topografía, accesos, temperatura, humedad, nivel freático, etc.

En la figura 15, se esquematiza la división de estos factores según su categoría: humana, administrativa o externa ambiental. Y los subtipos de factores para cada grupo categórico. Cabe destacar que estos factores son ajenos a los factores que pueden presentarse por la máquina misma.

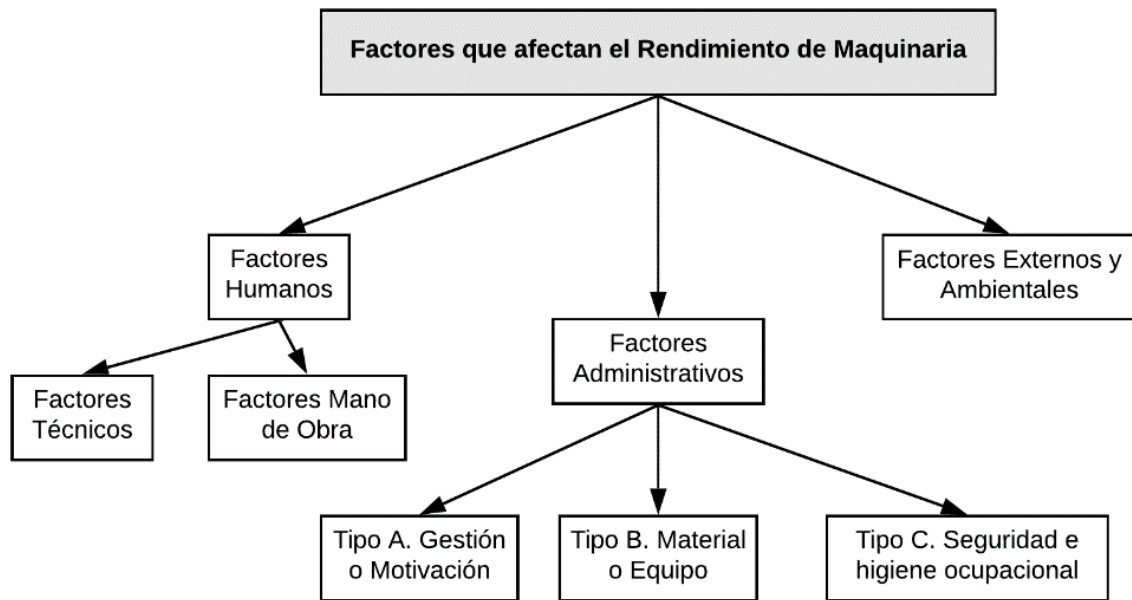


Figura 15. Diagrama de división de factores que afectan el rendimiento de maquinaria.
Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, están los factores mecánicos y energéticos de la máquina (los que tienen que ver con la máquina misma y no factores externos o de administración), estos tienen que ver meramente con la capacidad del motor que posee la máquina.

Factores mecánicos que afectan el rendimiento de la maquinaria

Para el caso de la máquina misma, el rendimiento conocido como la producción en m³, m² o toneladas, en la unidad de tiempo establecida, depende de la velocidad de trabajo y esta, a su vez, de la potencia. De acuerdo con Alejandro Medina (2017), el equipo debe tener la suficiente potencia para vencer las resistencias que se le oponen. Estas son: resistencia al rodamiento, resistencia a la pendiente y la tracción requerida.

1- Resistencia al rodamiento

De acuerdo con Medina (2017), corresponde a la suma de fuerzas que se oponen al movimiento de un vehículo sobre un terreno. Esto se debe a las irregularidades, imperfecciones y rugosidades de la superficie de tránsito, a la fricción de las llantas u orugas sobre el camino o las diferentes fricciones del motor, cajas de velocidad y mandos finales.

En el caso de los vehículos que se mueven sobre llantas de hule, la resistencia al rodamiento depende del tamaño, presión y diseño de estrías de la llanta. En el caso de equipos que se mueven por orugas, la resistencia al rodamiento está definida principalmente por el tipo y condición de la superficie del camino (Medina, 2017).

Una llanta angosta de alta presión proporciona menor resistencia al rodamiento que una llanta ancha de baja presión sobre un camino de superficie dura. No obstante, si la superficie es suave, la llanta angosta de alta presión tiende a hundirse en el camino, produciendo una gran resistencia al rodamiento, mientras que la llanta ancha de baja presión ejercerá menor presión sobre el suelo, debido a su mayor área de contacto, tenderá menos a hundirse y presentará una resistencia al rodamiento menor.

La resistencia al rodamiento se expresa en kilogramos de tracción que se requiere para mover

cada tonelada del vehículo sobre una superficie dada. Por ejemplo, un camión con un peso de 20 toneladas se está moviendo sobre un camino plano cuya resistencia al rodamiento es de 50 kg/ton, la tracción que se requiere para mantener en movimiento el camión será de:

$$\text{tracción} = 20 \text{ ton} \times 50 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} = 1000 \text{ kg}$$

Debido a que es imposible dar valores completamente precisos para las resistencias al rodamiento para todos los tipos de rueda u orugas y caminos, se presentan valores que son razonables y podrían usarse para fines de estimación.

Cuadro 1. Resistencia al rodamiento en kg/ton

Tipo de Superficie	Orugas	Llantas de hule	
		Alta presión	Baja presión
Concreto liso	30	20	25
Asfalto	30-35	20-35	25-30
Tierra compactada	30-40	20-35	25-35
Tierra con baches	40-55	50-70	35-50
Arena suelta, grava suelta	80-100	130-145	75-100
Tierra, muy lodoso, suave	100-120	150-200	140-170

Fuente: Medina Angulo, A. (2017).

Como se observa en el cuadro 1, a medida que la superficie tiende a ser más suave y presentar más irregularidades o imperfecciones, la resistencia al rodamiento requerida es mayor, es decir, se necesita más esfuerzo por parte de la máquina para vencer la resistencia que opone el suelo o superficie.

2- Resistencia a la pendiente

De acuerdo con Medina (2017), cuando un vehículo se mueve hacia arriba sobre un camino inclinado, es necesario incrementar la tracción para mantener el vehículo en movimiento en proporción a la pendiente. Por el contrario, si un vehículo se mueve hacia abajo sobre un camino inclinado, se disminuye la tracción necesaria para mantenerlo en movimiento. El método más común para expresar la pendiente es como un porcentaje. Una pendiente de un 1% es aquella en la que se eleva un metro por cada 100 metros horizontales. Si la pendiente se eleva, esta es positiva, si se declina, es negativa.

Como corolario: la resistencia a la pendiente es de 10 kg por cada 1% de pendiente por cada tonelada de peso.

3- Tracción requerida

Las principales fuerzas que se oponen al movimiento de los vehículos son la resistencia al rodamiento y la resistencia a la pendiente. La suma de ambas resistencias constituye la tracción requerida y es la tracción mínima para que un equipo pueda desplazarse.

Tracción requerida = resistencia rodamiento +
resistencia pendiente

Potencia: de acuerdo con Medina (2017), la potencia es la encargada de transmitir fuerza mecánicamente para accionar o poner en movimiento un equipo, sin utilizar fuerza de animales. El desarrollo del tema de la potencia comenzó con la potencia de vapor, la cual fue desarrollada por James Watt en la máquina de vapor en la segunda mitad del siglo XVIII. Esta máquina entregaba potencia por medio del movimiento lineal de avance y retroceso de émbolos, sobre los que actuaba la presión variable del vapor alimentado por cilindros. Estos émbolos movían los vástagos motores, conectados de forma excéntrica a las ruedas motrices. El uso de vapor de agua como elemento para producir potencia ha desaparecido debido al gran tamaño del equipo que requiere y los peligros que pueden ocasionarse.

Con el tiempo, en 1930, se desarrolló la máquina de combustión interna, la cual genera su potencia por medio de la energía térmica contenida en el combustible, que puede ser gasolina, aceite, diésel, alcohol o kerosene (Medina, Apuntes del curso "Carreteras II", 2017).

Cada máquina posee características técnico-mecánicas propias con las que debe satisfacer los rendimientos programados. Existen tres características importantes que definen una máquina de trabajo y que deben considerarse en la ejecución de los movimientos de tierra. Esas características son potencia (C.V), la capacidad (m³) y la velocidad (km/h).

Existen factores que intervienen en el cálculo de las potencias de maquinarias. Estas son:

- La corrección a nivel del mar.
- La velocidad del motor (revoluciones por unidad de tiempo, RPM).
- La carga accesoria.
- La duración de la carga.
- La temperatura y presión.

El cantón de Buenos Aires posee una topografía irregular, con alturas que van desde los 100 metros hasta más de los 3000 metros sobre el nivel del mar, esto por estar localizado cerca del Parque Nacional La Amistad y por la gran extensión de terreno cantonal, siendo el cuarto más grande de los 81 cantones del país.

Cuanta más altitud exista respecto al nivel del mar, los motores de combustión interna pierden potencia. La presión atmosférica, conforme aumenta la altura, provoca falta de oxígeno; esto, al igual que las personas, las máquinas lo sienten, ya que produce una pérdida de potencia, pues posee menos oxígeno para entrar en los cilindros y combinado con el combustible, es menor para realizar la combustión.

Para compensar la disminución de esta propiedad vital e importante para que un motor desarrolle trabajo, en la actualidad se han incorporado elementos que permiten mantener la proporción de la mezcla en sus valores requeridos para esas condiciones de altura. Por ejemplo, el sistema turbocompresor, el cual es el más popular en los motores diésel y gasolina. El turbo es el sistema de sobrealimentación que ayuda a comprimir el aire que circula hasta el motor, enviando más oxígeno para mezclar con una mayor cantidad de carburante, de esta forma, al elevar la cantidad de combustión, se obtiene un aumento de potencia.

Para el caso de la municipalidad, se obtiene por medio de fichas técnicas, la potencia del motor que poseen las distintas máquinas a nivel del mar.

- Vagoneta Mack Granite: 344 C.V.
- Cargador Caterpillar 928G: 154.22 C.V.
- Niveladora Caterpillar 140M: 182.38 C.V.
- Compactadora Caterpillar CS 533E: 130.08 C.V.
- Backhoe John Deer 310SJ: 92.53 C.V.

Para calcular la potencia neta que entrega el motor, o bien, conocer cuánta potencia se pierde, es necesario saber a cuánta altura se encuentra la maquinaria con respecto al nivel del mar. En este caso, se realiza este cálculo representativo, y en forma de ejemplo, para el proyecto localizado en Volcancito, San Antonio de Térraba. Las oscilaciones de altura varían desde los 599 metros hasta los 696 metros, por lo que la altura crítica para este proyecto sería de 696 m.s.n.m, donde más perdería potencia. En la figura 16, se observa un gráfico de la variación de la altura para dicho proyecto.

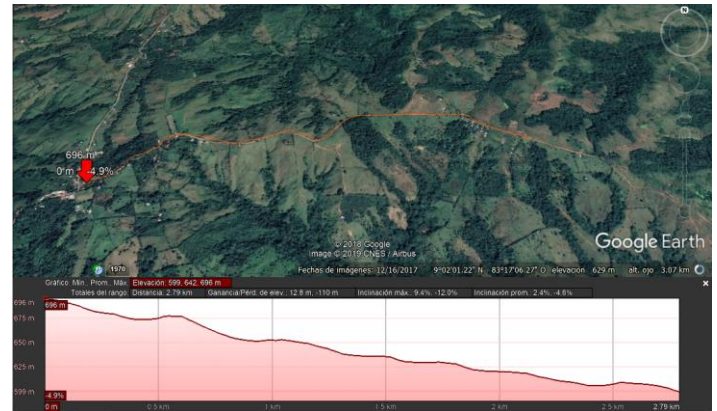


Figura 16. Variación de altura m.s.n.m. para el proyecto Volcancito.

Fuente: elaboración propia con ayuda de Google Earth Pro.

Las fichas técnicas del fabricante poseen la potencia al nivel del mar. Los motores de combustión interna desarrollan la máxima potencia a la presión equivalente a nivel del mar que a mayores alturas. Estos motores desarrollan más potencia a bajas temperaturas que a altas temperaturas.

Se realizan cálculos de pérdida de potencia por la altura, mediante la siguiente ecuación, para motores de cuatro tiempos, la cual describe que la pérdida de potencia se pierde en un 3% de la potencia a nivel del mar, por cada 300 m de ascenso (Medina, 2017).

$$Pérdida\ potencia = \frac{0.03 * CV * (H_0 - 300)}{300}$$

En el caso de los motores de dos tiempos, la pérdida de potencia es del 1% a nivel del mar por cada 300 metros de altura arriba de los primeros 300 metros.

$$Pérdida\ potencia = \frac{0.01 * CV * (H_0 - 300)}{300}$$

A continuación, se muestra un ejemplo de cálculo, para el caso de niveladora Caterpillar 140M:

Pérdida de potencia =
 $(0.03 * 182.38 * (696 - 300)) / 300 = 7.22 \text{ C.V.}$

$$\text{Pérdida potencia} = \frac{0.03 * 182.38 * (696 - 300)}{300}$$

Pérdida potencia = 7.22 C.V.

Por lo que la potencia neta para la niveladora CAT 140M para el proyecto "San Antonio - fca. José Beita-Volcancito" es de:

$$182.38 \text{ C.V.} - 7.22 \text{ C.V.} = 175.158 \text{ C.V.}$$

Con el mismo procedimiento se realiza el cálculo para determinar las potencias corregidas del resto de la maquinaria, donde se puede observar en el cuadro 2 que la maquinaria que mayor pérdida de potencia presenta son las vagonetas, con 13.622 C. V.

CUADRO 2. EJEMPLO DE PÉRDIDA DE POTENCIA DE LA MAQUINARIA					
Máquina	Marca	Modelo	Potencia a nivel del mar (C.V)	Pérdida de potencia por altura (C.V)	Potencia corregida (C.V)
Vagoneta	Mack	Granitte	344	13.622	330.378
Cargador de Ruedas	Caterpillar	928 G	154.22	6.107	148.113
Niveladora	Caterpillar	140M	182.38	7.222	175.158
Compactadora	Caterpillar	CS 533E	130.08	5.151	124.929
Backhoe	John Deere	310 SJ	92.53	3.664	88.866

Fuente: elaboración propia.

Reconocimiento de los tiempos y categorías de trabajo.

Con los resultados obtenidos, se pretende tratarlos como una oportunidad para la mejora en los procesos constructivos viales municipales. Se deben categorizar los tiempos de trabajo para identificar y realizar un análisis profundo del rendimiento en la maquinaria. Estos tiempos Miguel Santana (1989) los categoriza de la siguiente manera:

Tiempo Productivo (TP): este corresponde al tiempo que demoran las actividades trabajando exclusivamente. Es el tiempo en el que la niveladora y compactadora se encuentran trabajando sin interrupciones. Es aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción y agrega valor al producto en estudio. Ejemplo:

- Conformación de calzada
- Cuneteo
- Limpieza de caminos
- Raspado
- Compactación del terreno

Tiempo Contributivo (TC): este corresponde al trabajo que es de apoyo y que debe realizarse para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Ejemplo:

- Transporte de materiales / traslado de maquinaria
- Corte de arboles
- Orden y limpieza
- Seguridad ocupacional
- Instrucciones y mediciones

Tiempo No Productivo (TNP): son todas las actividades en las que no se genera avance o valor agregado a la obra o proyecto. Estas son muy importantes porque representan las pérdidas y son las que se deben modificar y tratar para mejorar los rendimientos y procesos en los proyectos viales. Se pueden clasificar en cuatro grandes grupos (Santana, 1989):

1. Inactividad por ineficiencia de la administración
 - Espera por materiales y equipos, por ejemplo, retrasos en llegada de lastre para conformación de camino, con esperas de hasta 1.5 horas.
 - Espera por combustibles o equipo de mantenimiento rutinario.
 - Traslado a otras áreas de trabajo
2. Inactividad por tiempo ocioso
 - Pereza o flojera
 - Estado de ánimo
 - Hora y día de la semana determina eficiencia en rendimientos
3. Inactividad por necesidades fisiológicas
 - Comiendo y bebiendo en la zona de trabajo fuera del horario establecido para ese fin.
 - Descansar después de realizar un esfuerzo físico.
 - Buscar sombra por un pequeño tiempo.
 - Ir al baño constantemente.
 - Tiempo para refrescar la cara y manos.
 - Aseo personal.

4. Inactividad por fuerza mayor y otras causas
 - Eventualidad climática: lluvias, sol extremo, tormenta tropical.
 - Paros o huelgas que dificultan el tránsito de materia o maquinaria al sitio de trabajo.
 - Desastre naturales: el rendimiento se puede ver afectado por paso de huracanes, tormentas tropicales o pequeños tornados.

La productividad del trabajo se mide en relación con el contenido del trabajo productivo, el cual se ve afectado por la existencia de actividades contributivas y no contributivas que restan tiempo al tiempo disponible para realizar dicho trabajo (Serpell, 2002).

De acuerdo con algunos estudios, se ha demostrado que en la construcción existen altos porcentajes de trabajo no productivo (30%-40%). Leandro (2018) menciona que existen porcentajes ideales de estas categorías de trabajo, los cuales son:

- Trabajo Productivo: 60%
- Trabajo Contributivo: 25%
- Trabajo No Productivo: 15%

En la figura 17 se observa la distribución ideal de los porcentajes de trabajo en la construcción.

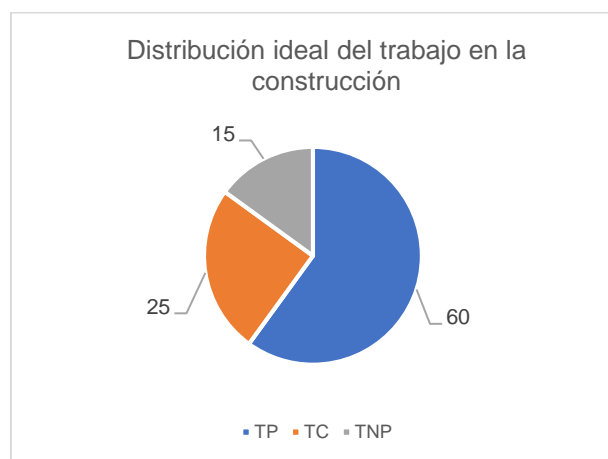


Figura 17. Diagrama del trabajo ideal.
Fuente: elaboración propia.

Si los valores de trabajo no productivo se exceden por encima del 15%, se dice que está por encima del promedio, por lo que está siendo ineficiente y se están generando muchas pérdidas, esto repercute en un bajo rendimiento en las actividades, mayor duración del proyecto y encarecimiento de este. Dicho esto, la meta final sería que las actividades de Trabajo No Productivo representen un 15% o menos, con el fin de estar obteniendo rendimientos competentes.

Por otro lado, esperar un 0% de Trabajo No Productivo en un proyecto sería completamente utópico, ya que es imposible que no se den situaciones que hagan parar el proyecto, desde pocos segundos hasta días o incluso meses (Como en el año 2018 cuando hubo maquinaria parada por tres meses debido a problemas mecánicos y esto paró todos los proyectos, pues la Municipalidad cuenta con solo un frente de trabajo). Además, el cuerpo y la mente humana por naturaleza no pueden trabajar mucho tiempo sin detenerse o tomar un descanso, pues fisiológicamente necesita recuperar energías.

En el caso de este proyecto, la principal causa de los tiempos no productivos corresponde a las esperas, tanto de material como por mala planificación y poca maquinaria. Estos tiempos se deben atacar, pues representan atrasos grandes en los proyectos. Adelante se cuantificarán.

Como lo que se debe controlar en un proyecto es el trabajo no productivo para aumentar rendimientos y mejorar productividades, se puede disminuir lo máximo que se pueda, con el fin de que se pueda afectar la causa de dicho problema de productividad.

Otro concepto importante de abarcar son las pérdidas, estas están relacionadas directamente con la productividad y el trabajo no productivo. Se debe recordar que son las actividades que, produciendo un costo directo o indirecto, no agregan valor ni avance a la obra. (Leandro Hernández, 2018).

Ejemplo de pérdidas:

- Espera por falta de equipos.
- Espera por falta de instrucciones.
- Tiempos ociosos por actitud del trabajador, conversando.
- Transporte por mala distribución o localización de los recursos.
- Actividades previas sin terminar o mal ejecutadas.
- Reprocesos por trabajos mal ejecutados o dañados.

Factores que provocan el trabajo no productivo:

- Trabajo realizado varias veces.
- Falta de supervisión.
- Trabajadores esperando instrucciones.
- Doble manejo de material.
- Distancias largas en el manejo del material.

En la figura 18, se muestran gráficamente las causas de pérdidas de tiempo productivos, sus tipos y ejemplos, de acuerdo con Leandro Hernández (2018).

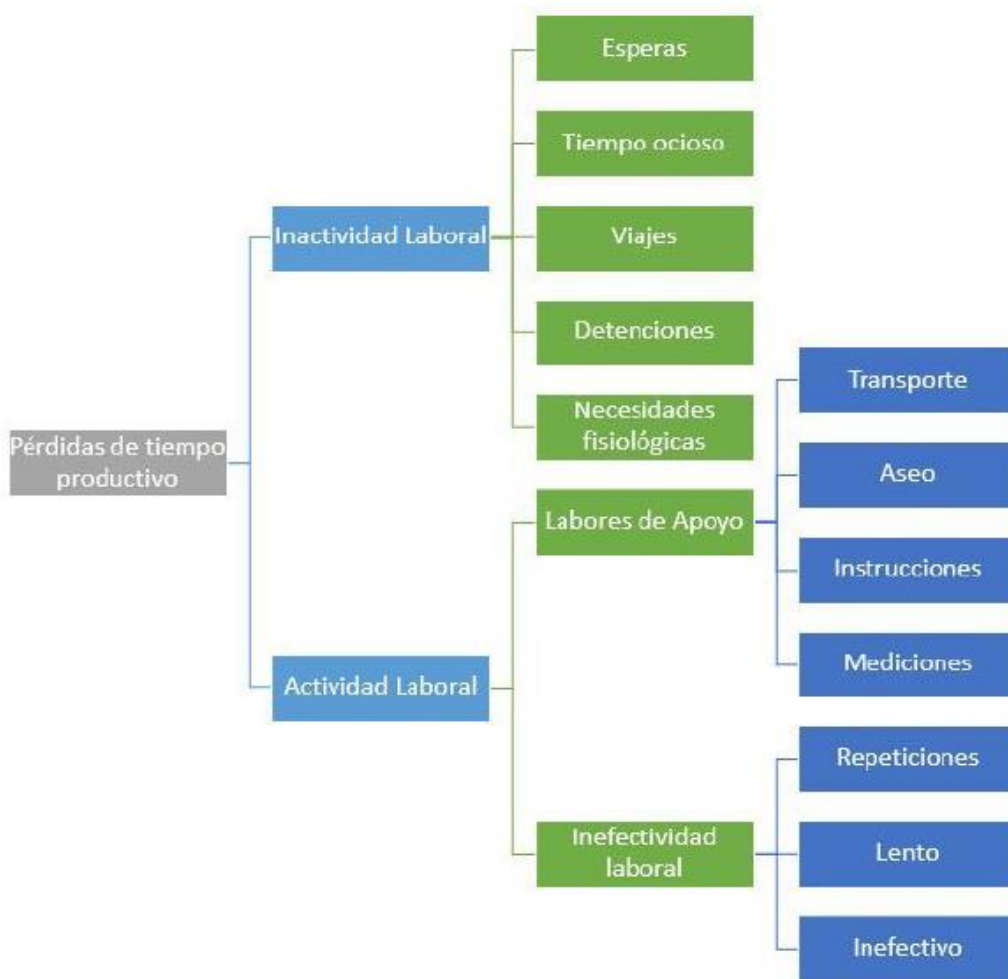


Figura 18. Categorías de pérdidas de tiempo productivo.
Fuente: (Leandro, 2018).

Maquinaria

Maquinaria que posee la Municipalidad

Motoniveladora

La motoniveladora es una máquina utilizada para realizar trabajos de nivelación en terrenos, construcción de carreteras, caminos, nivelación de terrenos agrícolas, construcción y limpieza de canales, perfilación de taludes en terraplenes y desmontes, así como cunetas de caminos (Medina, Apuntes del curso "Carreteras II", 2017).

Son máquinas autopropulsadas que constan de una cuchilla central que va cortando o raspando el suelo, acumulando el material, mezclándolo y lo traslada hacia otro lugar. La cuchilla (también llamada hoja) puede elevarse para su traslado y bajarse para ponerla en la posición de trabajo deseada. Puede dársele el ángulo de inclinación en sentido transversal para ir descargando en un lado el material sobrante, o bien inclinarse en sentido vertical para aumentar el ángulo de incidencia de la hoja.

Posee cinco partes de mecanismos importantes:

1. Tractor: es la fuente energética del equipo, es un tractor pesado sobre un conjunto de neumáticos, con los mecanismos de conducción y dirección.

2. Cuchilla u hoja: es el elemento fundamental, encargado de corte y depósito momentáneo del material cortado, que se va acumulando a medida que pasa la máquina. Es una lámina curva que tiene en su parte pegada al suelo una cuchilla para penetrar, raspar el suelo y cortar irregularidades, esta puede inclinarse a derecha, izquierda, verticalmente casi 90° y girar horizontalmente. La longitud varía entre 3 metros y 4.20 metros. Las posibilidades de movimiento de la hoja son:

- Salida lateral de la cuchilla
- Variación del ángulo de ataque
- Ángulo de talud
- Elevación
- Penetración
- Orientación

3. Brazo: pieza delantera acoplada al bastidor del tractor, contiene el conjunto de la cuchilla u hoja y dos neumáticos en su extremo delantero que le sirven de apoyo y a la vez con el tren direccional del equipo.

4. Cilindros de levante: son dos cilindros hidráulicos que levantan la cuchilla o la inclinan para formar un ángulo con el suelo.

5. Escarificador: no todas las motoniveladoras lo tienen, es conocido como *reaper* (denominación en inglés) y consiste en un conjunto de dientes colocados en la parte trasera del tractor en una barra horizontal, estos sirven para remover o soltar el suelo cuando está en condiciones difíciles. Los dientes están colocados de manera que permanezcan en posición vertical al subir o bajar el conjunto mediante la acción de un cilindro hidráulico.



Figura 29. Niveladora Municipal.
Fuente: fotografía capturada por el autor.



Figura 30. Niveladora Municipal.
Fuente: fotografía capturada por el autor.



Figura 31. Hoja de la niveladora Municipal.
Fuente: fotografía capturada por el autor.



Figura 32. Escarificador de la niveladora.
Fuente: fotografía capturada por el autor.

Como se mencionó previamente, el uso básico es la conformación o nivelación de terrenos y caminos. Esto no solo comprende la subrasante (suelo) del camino, sino todas las etapas del pavimento como subbase y base, también las pendientes transversales o bombeos, peraltes y los taludes laterales de corte o relleno. Además, son muy utilizadas en la conformación de cunetas longitudinales en forma de V. (Medina, Apuntes del curso "Carreteras II", 2017)

También son muy usadas en la conformación de caminos en tierra o en lastre. Con la adición de escarificadores, se pueden usar para romper la superficie de pavimentos muy deteriorados con el fin de reconfigurarlos o prepararlos para nuevas superficies.

En las figuras 29 y 30 se observa la niveladora municipal, en la figura 31 la hoja o cuchilla que posee 3.70 m de longitud y en la figura 32 el *Ripper* o escarificador de esta.

Las niveladoras son muy usadas para mezclar y extender materiales sobre superficies. La cuchilla en su avance mezcla los materiales, lo cual es muy importante en la pavimentación, en la que se realiza una mezcla de productos asfálticos con agregados pétreos y así lograr una capa de pavimento flexible. También se usa para mezclar materiales suelo-cemento o bases estabilizadoras de la misma manera.

Compactadora

Las apisonadoras o compactadoras son máquinas autopropulsoras que se emplean para la compactación del terreno por medio de una densificación del suelo fundamentalmente por su propio peso. Su peso varía de 5 a 15 toneladas. Están dotadas de uno o varios rodillos pesados, cuya función es planificar y compactar el material existente (Caterpillar Inc., 2000). Existen diferentes tipos de compactadores, generalmente se clasifican en alguno de los siguientes tipos:

- 1- Pata de cabra
- 2- De plancha
- 3- De rodillo liso o vibratorio
- 4- De Neumático (o ruedas)
- 5- De pisonos de alta velocidad
- 6- De ruedas compactadoras

Para suelos duros o granulares, se recomienda usar vibratorios (tambor liso o de pisones), por el motivo del acomodo del material que genera la vibración de la máquina al pasar por el terreno. Y para suelos finos o cohesivos que presentan cierto grado de humedad, se recomienda el tipo pata de cabra, neumáticos o de pisones, con el fin de eliminar los vacíos en el suelo debido al aire o agua acumulada y atrapada en los poros del terreno, por medio del peso y la alta compactación que generan estos. (Caterpillar Inc., 2000).

Con la compactadora o apisonadora se pueden realizar diversas actividades, entre ellas compactar materiales y densificar terrenos, son imprescindibles durante la construcción de carreteras, tanto para la subbase como las mezclas asfálticas. También se usa para alisar superficies.

En las figuras 33, 34 y 35, se observa la compactadora vibratoria que posee la municipalidad. En la figura 36 se observa el rodillo vibratorio y en la figura 37 se observa la compactadora realizando reconfiguración de superficies no pavimentadas.



Figura 34. Compactadora Municipal.
Fuente: fotografía capturada por el autor.



Figura 33. Compactadora Municipal.
Fuente: fotografía capturada por el autor.



Figura 35. Compactadora Municipal.
Fuente: fotografía capturada por el autor.



Figura 36. Rodillo vibratorio de la compactadora.
Fuente: fotografía capturada por el autor.



Figura 37. Compactadora Municipal.
Fuente: fotografía capturada por el autor.

Conceptos básicos de compactación

Compactación: de acuerdo con el Manual de Rendimientos de Maquinaria Caterpillar (2000), es la operación mecánica que se realiza para aumentar la densidad del suelo, es decir, su peso por unidad de volumen. Esto se hace con el fin de aumentar su resistencia, pues cuando un objeto o elemento es más denso, puede resistir más y

mejor a las adversidades. Todo relleno de obras viales, hidráulica o fundación de estructuras debe ser construido mediante capas de suelo, las que deben someterse a un proceso de compactación, para conseguir la resistencia (densidad) especificada y así soportar las cargas futuras aplicadas.

Para conseguir una buena compactación, se deben controlar tres factores importantes (Caterpillar Inc., 2000):

1. Granulometría del material

Es la distribución de las partículas de acuerdo con su tamaño. Un suelo tiene buena granulometría si el tamaño de las partículas es variado y su distribución es uniforme. Si la mayor parte tiene igual tamaño, su granulometría es inadecuada, pues crea vacíos o poros entre partículas que pueden ser llenados con agua o aire afectando la resistencia del material (suelo).

Cuanto mayor sea la diversidad de tamaños, los vacíos existentes entre partículas grandes serán llenados con las partículas de menor tamaño y dan como resultado una mayor densidad.

2. Contenido de agua del material

Para un suelo y un esfuerzo de compactación dado, existe un contenido de humedad óptimo que permite el máximo grado de compactación. Este se denomina porcentaje de humedad óptima.

Por naturaleza, se sabe que es sumamente difícil conseguir la compactación adecuada si los materiales están muy secos o húmedos. Lo mismo pasa para el suelo. Para cada tipo de suelo existe cierto contenido de agua, el cual se denomina "humedad óptima", con el que se puede obtener la mayor densidad del material posible.

En la figura 38 se observa el gráfico de contenido de humedad del material contra densidad, donde se obtiene el contenido de humedad óptima para obtener la mayor densidad por compactación.

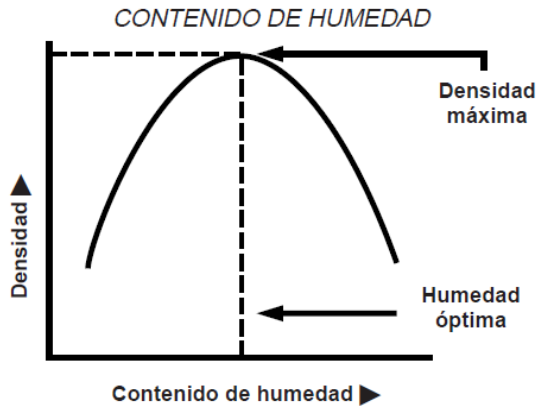


Figura 38. Esquema de contenido de humedad de compactación.

Fuente: Manual de rendimientos Caterpillar (Caterpillar Inc., 2000)

La humedad óptima se determina por medio de pruebas de laboratorio y se obtienen las densidades para diferentes contenidos de humedad, hasta alcanzar la densidad máxima. Este ensayo se denomina Proctor y muestra la relación entre la densidad y el contenido de humedad. La humedad óptima usualmente ronda entre el 7% para mezclas de gravas, arcillas y arenas, hasta 18% para arcillas pesadas.

3. Esfuerzo de compactación

Corresponde a la energía mecánica que se le aplica al suelo, por medio de una máquina (compactadora), con el objetivo de apisonarlo para aumentar su densidad. Existen cuatro métodos de compactación:

1. Por peso estático o compresión
2. Por acción de amasado o manipulación
3. Por percusión o impacto (golpes fuertes)
4. Por vibración o sacudimiento.

El peso estático trata de aplicar un peso sobre la superficie del suelo, esto produce la ruptura de las fuerzas que enlazan las partículas entre sí y su acomodo en nuevos enlaces más estables dentro del material. Es el procedimiento que aplican máquinas sin vibración del tipo rodillos lisos, pisones, patas de cabra, etc.

El efecto que produce el peso sobre el material se traduce en una presión sobre su superficie que se transmite hacia el interior y se distribuye en forma de bulbo, cuyo valor disminuye con la profundidad. Por esta razón, la compactación estática se aplica solamente a capas de poca profundidad.

La acción de amasado o manipulación es la producida por tensiones tangenciales que redistribuyen las partículas para, de esta manera, aumentar su densidad. Esta es muy eficaz para compactar la capa final de base para un firme asfáltico. Las máquinas que mejor aprovechan esta fuerza de compactación son los rulos de pata de cabra o pisones y los compactadores de neumáticos de ruedas alternadas.

El impacto o compactación dinamita utiliza una fuerza de impacto repetitivo sobre la superficie por compactar. Depende del peso que se utilice y la altura desde la que se deja caer. Pueden ser de baja energía como los compactadores de mano o "sapos mecánicos" hasta los 600 golpes por minuto o de alta energía entre 1400 y 3500 golpes por minuto como los utilizados en rodillos vibratorios.

Por vibración, es el tipo de compactación más utilizada en la actualidad para la mayoría de las aplicaciones. Consiste en usar una masa excéntrica que gira dentro de un rodillo liso, dicha masa produce fuerza centrífuga que se suma o se resta al peso de la máquina para producir una presión sobre el suelo que depende de varios factores, como el peso de los contrapesos, distancia de rotación y al centro de gravedad y velocidad de rotación.

Maquinaria de compactación

Son los compactadores que se usan con mayor frecuencia en los trabajos de compactación de plataformas y terraplenes en carreteras, aeropuertos, vías urbanas, presas de tierra, etc. Se pueden mencionar los siguientes:

- Compactadores con rodillo de pata de cabra
- Compactadores con rodillo liso vibratorio
- Compactadores de rueda neumáticas
- Compactadores combinados
- Apisonadores estáticos

Selección del equipo de compactación

Para determinar o seleccionar adecuadamente el tipo de máquina compactadora, se debe realizar la selección en función del tipo de

suelo de trabajo, como se puede observar en la figura 39, la cual describe el tipo de compactador recomendado a usar de acuerdo con el tipo de suelo o material, según recomendación del Manual de Rendimientos Caterpillar (2000).

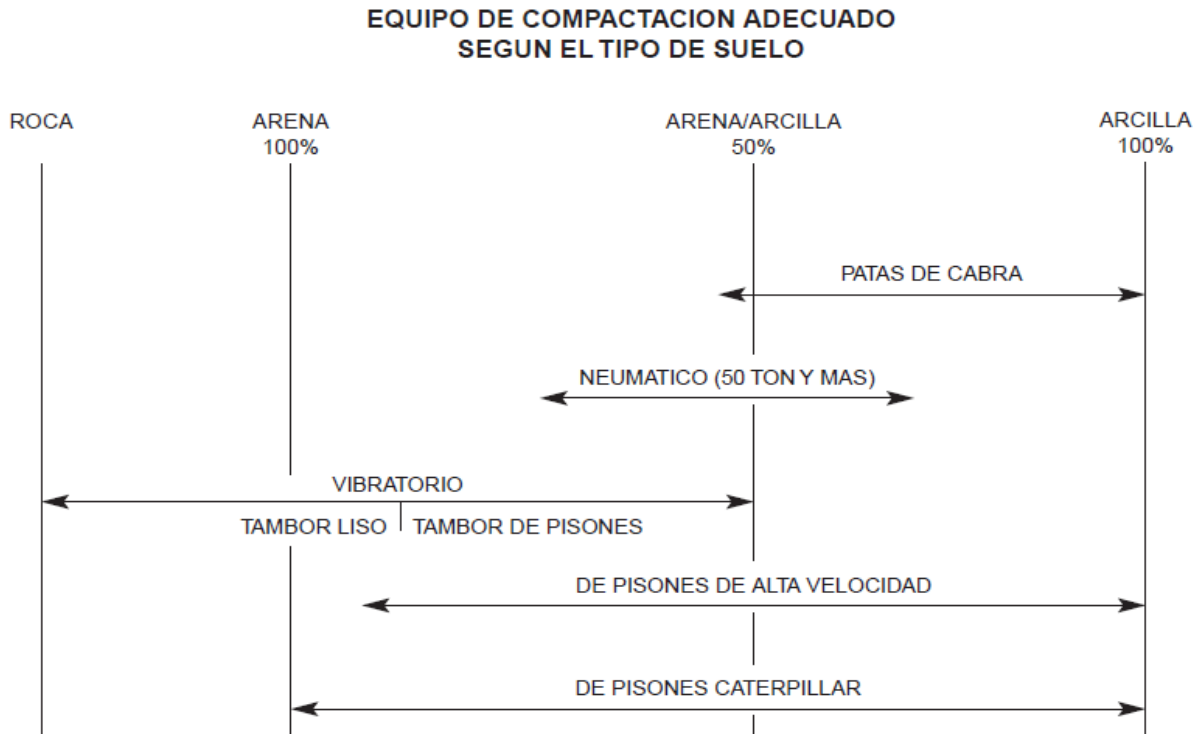


Figura 39. Equipo de compactación según tipo de suelo.
Fuente: Manual de Rendimientos Caterpillar (Caterpillar Inc., 2000)

La elección del equipo adecuado se debe realizar considerando la diversidad de suelos y la variedad de métodos disponibles. Medina (2017) menciona que es conveniente agrupar los suelos en dos grupos;

Suelos cohesivos: son los que tienen mayor porcentaje de partículas finas y muy finas, materiales arcillosos. Las fuerzas internas de cohesión tienen un papel importante en este tipo de suelo.

Suelos granulares: formados por partículas de mayor tamaño, en las cuales no existe cohesión si no presentan fuerzas de rozamiento interno.

En el caso de suelos cohesivos, la acción del amasado es la única capaz de producir esfuerzos internos para vencer la resistencia opuesta por las fuerzas de cohesión, por lo que los equipos más recomendados son los equipos tipo pata de cabra o combinados (Medina, Apuntes del curso "Carreteras II", 2017).

Para los suelos granulares o arenosos, el método más adecuado es la vibración, que anula las fuerzas de rozamiento para conseguir el acomodo de las partículas, reduciendo la cantidad de vacíos y aumentando la densidad del suelo. El mayor rendimiento se obtiene cuando la vibración producida por el rodillo entra en resonancia con la oscilación del material que se está compactando.

Algunos aspectos que se deben considerar referentes a los equipos de compactación son los siguientes:

- El peso estático tiende a dar mayor compactación cerca de la superficie.
- La vibración profundiza la compactación en los materiales granulares.
- Un leve efecto de amasado aumenta la densidad.
- La vibración aumenta la eficacia a medida que disminuye la cohesión y aumenta el carácter granular del material, alcanzando su valor máximo en las arenas y su mínimo en las arcillas.
- La presión de inflado y la superficie de contacto de los neumáticos son los factores que determinan la capacidad compactadora de los compactadores de neumáticos.

Finalmente, a grandes rasgos, según el Manual de Rendimientos Caterpillar (2000), los pasos o secuencia para realizar procesos de compactación son:

1. Transporte y desparramado del material, por medio de vagonetas, cargadores frontales o moto traíllas.
2. Humedecimiento del material si la humedad natural es menor a la óptima. De lo contrario, disminuir la natural por aeración del material hasta conseguir el valor próximo de la humedad óptima.
3. Mezclado por revoltura del material, con el fin de homogenizar la capa y brindarle el espesor uniforme requerido, usando motoniveladora.
4. Compactación de la capa usando el equipo adecuado, la máquina realizará el número de pasadas necesario para alcanzar la densidad especificada.
5. Control de compactación, mediante la determinación *in situ* de la densidad obtenida, la cual es comparada con la densidad máxima de laboratorio. Si la densidad es menor a la especificada, se deberá repetir el proceso de compactación.

Backhoe

Conocida también como retroexcavadora, es una máquina de construcción utilizada para realizar trabajos de excavación. Es una variante de la excavadora y no deben confundirse. Se diferencia de la excavadora en que dispone de una pala adicional en parte frontal, además de la cuchara para excavar en el extremo de un brazo montado en la parte trasera. La sección del brazo más cercana al vehículo se conoce como el brazo y la sección que transporta el balde se conoce como *dipper* o *dipperstick* (Caterpillar Inc., 2000).

La retroexcavadora o *backhoe* se usa generalmente para movimiento de tierras, para realizar rampas en solares o abrir zanjas destinadas al paso de tuberías, cables, drenajes, etc. También para preparar el terreno donde se asienten los cimientos de los edificios.

En la figura 40, se observa el *backhoe* que posee la UTGVM de la municipalidad. Dicha máquina se usa, principalmente, para realizar trabajos de limpieza en el plantel municipal.



Figura 40. Backhoe Municipal.
Fuente: fotografía capturada por el autor.

Vagoneta

Los camiones de volquete o vagonetas, como se conocen generalmente en Costa Rica, se utilizan para mover distintos materiales de construcción, generalmente suelos, arenas y gravas. Se le llama volquete, ya que puede volcar el material que lleva consigo por medio del volcamiento por un sistema articulado. La descarga de los materiales puede efectuarse rápidamente gracias a la posibilidad de giro del cajón o góndola. Las vagonetas pueden cargarse con palas (mecánicas o hidráulicas) con cargadores o mediante tolvas para ese fin (Medina, Apuntes del curso "Carreteras II", 2017).

La forma del cajón, así como la cantidad de ángulos, esquinas y el contorno de la parte trasera a través de la que deben fluir los materiales durante la descarga afectan directamente a la dificultad o facilidad de esta. Por ejemplo, en el caso de transporte de arcillas húmedas, esta superficie debe estar libre de ángulos agudos y esquinas. En caso de arenas secas y las gravas fluyen fácilmente en casi cualquier tipo de caja.

Los principales usos de las vagonetas son:

- Para transportar materiales desde los sitios de excavación hacia los terraplenes y botaderos.
- Para transporte de materiales desde las canteras hacia la planta de procesamiento.
- Para transportar materiales desde los préstamos hacia los terraplenes.
- Para transportar materiales desde la planta de procesamiento hacia los diferentes sitios de la vía en construcción.

Al efectuar la carga de las vagonetas con cargadores o con palas, lo recomendado es emplear unidades donde la capacidad pueda equilibrar la producción del cargador. De lo contrario, existirán problemas de operación y el costo de la carga y acarreo se incrementará notablemente (Medina, Apuntes del curso "Carreteras II", 2017).

La Municipalidad cuenta con tres vagonetas Mack, las cuales se emplean en los proyectos cuando se ha perdido material en los caminos y requieren intervención de nuevo material. El problema que se da es que hay pocas unidades y esto ocasiona esperas de hasta una hora o más

en proyectos por espera del material. Además, generalmente, al menos una de las unidades está varada o con problemas de mantenimiento, y tampoco existe plan de mantenimiento preventivo.

Cargador de ruedas

Es un equipo de maquinaria de construcción que presenta gran versatilidad para realizar actividades. Puede realizar tareas como manejo de material, excavación, carga y transporte, construcción de carreteras, preparación y limpieza de lugares. Este es un equipo de tractor que posee una cuchara en su extremo frontal, utilizada para cargar o acarrear materiales u objetos a corta distancia. Con esta maquinaria se puede dar: manejo y carga de materiales, excavación de estanques y zanjas, transporte de materiales a cortas distancias, diseminación y compactación de tierra (Medina, Apuntes del curso "Carreteras II", 2017).

Este equipo está categorizado dentro de los equipos de carga y existen dos tipos: cargadores sobre neumáticos (los más comunes y el que provee la municipalidad) y cargadores sobre orugas. Pueden cargar y transportar madera, asfalto, materiales naturales, arena, materiales de construcción, excavación de agregados o material de cantera, despeje de nieve, también es muy utilizado en limpieza de construcción o carreteras cuando ocurren desastres naturales.

Siempre que se opere con un cargador se debe cuidar la carga límite de equilibrio estático, que corresponde al peso de la carga en el centro de gravedad del cucharón que hace oscilar el extremo trasero de la máquina, de modo que, en los cargadores sobre orugas, los rodillos delanteros se levantan sobre las cadenas y en los cargadores sobre ruedas, las ruedas de atrás empiezan a desprenderse del suelo. El cargador, además, debe estar estacionado sobre una superficie plana y dura.

Por otro lado, la carga de operación, carga con la que la máquina trabajaría, no debería sobrepasar el 50% de la carga límite de equilibrio estático, de acuerdo con la Sociedad de Ingenieros de Automotores (SAE) y equipada con todos los accesorios necesarios para el trabajo.

De acuerdo con Medina (2017) algunas operaciones que implican movimientos de tierra y construcción de caminos y pavimentos que se pueden realizar con los cargadores son:

1. Excavación de cimentaciones.
2. Carga de materiales a unidades de acarreo.
3. Carga de material de voladuras a unidades de acarreo en un espacio limitado en una excavación en roca, de un túnel o de una cantera.
4. Excavar materiales de cantera y vaciarlos sobre tolvas de alimentación de una planta trituradora.
5. Limpieza en sitios de construcción.
6. Nivelación de terrenos pequeños.

Para elegir el cargador adecuado, se debe tomar en cuenta una serie de aspectos para hacer un análisis adecuado y selección acertada:

1. Determinar la producción requerida o deseada.
2. Determinar el tiempo del ciclo del cargador y el número de ciclos por hora.
3. Determinar la carga útil requerida en metros cúbicos.
4. Seleccionar el tamaño requerido del balde.
5. Elegir la máquina considerando el tamaño y la carga útil del balde.

Se debe resaltar que la producción requerida de un cargador debe ser ligeramente mayor que la capacidad de producción de otras máquinas, para que todo el sistema esté maximizando su producción. Por ejemplo, si el destino final es una tolva de recepción que recibe 150 m³/h, no se usarán máquinas ni de 50 m³/h por ser muy pequeñas y no darían abasto con la entrega necesaria del material, ni de 250 m³/h porque encarece el proceso productivo por ser una máquina de capacidad excesiva que tendrá que estar parada mucho tiempo (Medina, Apuntes del curso "Carreteras II", 2017).

Por último, este equipo, al igual que el *backhoe*, se utilizan en el plantel Municipal moviendo objetos y limpiando zonas del plantel. Durante el presente estudio abarcado, no se empleó en proyectos de mantenimiento o rehabilitación vial.

Proceso constructivo en una obra vial

De acuerdo con Medina (2017) en el material llamado "Maquinaria para la Construcción de Vías" del curso Carreteras II, los procesos constructivos en las obras viales generalmente están categorizados en seis grandes grupos o áreas, estas son:

1. Movimientos de tierras: es la actividad que se debe realizar previo a cualquier trabajo vial y consiste en remover la tierra o suelo existente para efectuar un trabajo de replanteo.
2. Desmonte y limpieza: en este se realiza una remoción de tierra y vegetación existente que afecta o está localizada en la zona de trabajo y que se encuentra por encima de la rasante, la cual fue especificada en el plano de la vía.
3. Excavaciones: consiste en el movimiento de tierra que se realiza, ya sea por medios manuales o mecanizados por maquinaria como excavadoras, *backhoe*, en la cual consiste en la remoción de suelo para iniciar la obra.
4. Acarreos: consiste en los procesos de transporte de desechos o escombros que tiene el ambiente o zona de trabajo en la excavación.
5. Desechos de las excavaciones: es cuando se general varios desechos por construcciones anteriores o demoliciones encontradas en el camino para hacer cualquier vía.
6. Terraplenes: se desarrolla cuando se encuentra en zonas de trabajo en las que se debe realizar conformación y estabilidad de taludes debido a las necesidades del terreno. Deben cumplir con condiciones y requerimientos dimensionales, así como considerar distintos tipos de material de relleno.

En el caso del frente de maquinaria que posee la municipalidad, las principales de estas tareas que hacen están bajo los requerimientos de la actividad de Reconformación de Superficies no Pavimentadas, donde, principalmente, se realizan movimientos de tierras, desmonte y limpieza de cunetas, además de acarreo de material de lastre cuando se requiera.

Metodología

En este proyecto se desarrolla un análisis del rendimiento de la maquinaria pesada basándose en los resultados estimados con datos e información que se obtuvo por medio de *software*, datos de campo y la teoría necesaria para obtenerlos, tanto los rendimientos reales como los esperados o teóricos.

Existen cinco etapas o niveles de acuerdo con los objetivos planteados. Primero se realiza una investigación general y recolección de datos e información referente a la maquinaria vial de la UTGVM, así como las actividades que ejecutan. En la segunda etapa, se miden los rendimientos de la maquinaria y se estima el costo de los proyectos por kilómetro de acuerdo con el presupuesto ejecutado. En la tercera etapa, se realiza una comparación entre los rendimientos reales contra los teóricos y se analizan. En la cuarta se investiga las causas que pueden estar afectando los rendimientos y, por último, en la quinta etapa, se diseña una propuesta de mejora.

Se trabajó de forma mixta, aplicando tanto la investigación documental como la de campo por medio de observación. La documental se aplica, ya que, a través del fabricante y la teoría de los equipos, se podrá establecer la forma en que se obtendrán los rendimientos de la maquinaria; y una mezcla de campo con tecnología, ya que se obtendrán los datos reales por medio de la herramienta NAVSAT para el cálculo de rendimientos. NAVSAT provee de información real de tiempos y distancias que ejecutó la flotilla de trabajo, así como una graficación de los recorridos realizados para distinguir los tiempos de traslados y de detenimiento de labores de los tiempos productivos de la maquinaria.

Se debe acotar que la maquinaria en estudio corresponde a la niveladora y compactadora municipal, las cuales desarrollan el trabajo de Reconfiguración de Superficies No Pavimentadas, dicho trabajo es de mantenimiento rutinario en los caminos cantonales. No se tomó en consideración el cargador ni la excavadora, pues estas realizaron labores de limpieza en el plantel

municipal durante el periodo de práctica establecido.

Estos trabajos viales de la Municipalidad son realizados bajo la guía establecida en el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras por la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) (2000), en la cual se establecen las actividades que se deben realizar para la reconfiguración de estos caminos, tipo de trabajo que realizó la maquinaria durante el periodo de estudio, lo cual se menciona a continuación.

1. Colocación de señales y dispositivos de seguridad.
2. Si las cunetas lo requieren, una limpieza y reconfiguración de cunetas.
3. Escarificación de la superficie de rodadura hasta una profundidad de 15 cm cuando sea necesario y en una longitud no mayor a un kilómetro para no entorpecer el tránsito.
4. Mezclado y conformado humedeciendo el material cuando sea necesario, por medio de riegos hasta alcanzar la humedad óptima.
5. Raspado y arrastre del sedimento desde el fondo de la cuneta hacia el hombro y si es necesario hacia el pie del talud.
6. Compactación con varias pasadas a todo el ancho.
7. Retiramiento de señales y dispositivos de seguridad.

Identificación de los proyectos y caracterización de la maquinaria Municipal

Lo primero que se realiza es una investigación documental de la situación actual y contexto histórico de la Municipalidad de Buenos Aires, así como la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM).

Se buscó información de la maquinaria, modelos, cantidades que realizan y la situación de

estas. Además, se investiga sobre la teoría de estas máquinas y las actividades constructivas que pueden realizar.

El proyecto se desarrolla en el cantón de Buenos Aires de Puntarenas, para la Municipalidad del cantón, entre los meses de junio a octubre del año 2019. Este periodo corresponde a la estación lluviosa, lo cual debe considerarse. Los datos se tomaron para cinco proyectos ya realizados por el Municipio, los cuales dieron inicio el 1 de abril y finalizaron el 27 de junio (87 días). Esto se logró gracias a la herramienta NAVSAT que permite medir tiempos y distancias de trabajo

a partir del momento en que se instaló el dispositivo GPS en la unidad.

Los cinco proyectos, en orden cronológico, son:

- 1- Cruce San Rafael – Llano Bonito
- 2- Calles Urbanas Volcán
- 3- Proyecto Platanares – Villa Hermosa
- 4- Proyecto San Antonio a Finca José Beita – Volcancito Térraba.
- 5- Proyecto Térraba: Iglesia – Cementerio

A continuación, las figuras 23, 24, 25, 26 y 27 muestran la ubicación y el camino cantonal intervenido en cada proyecto analizado.

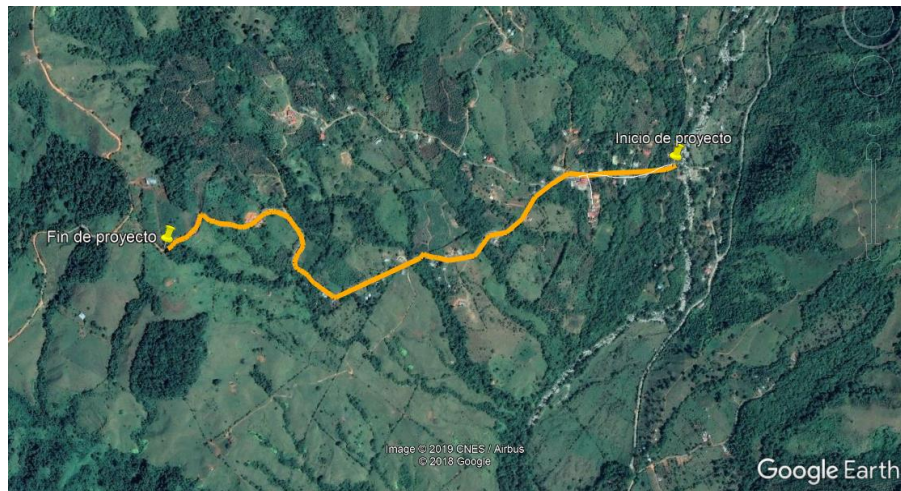


Figura 23. Proyecto 1: Cruce San Rafael – Llano Bonito
Fuente: elaboración propia con ayuda de Google Earth Pro.



Figura 24. Proyecto 2: Calles Urbanas Volcán
Fuente: elaboración propia con ayuda de Google Earth Pro.

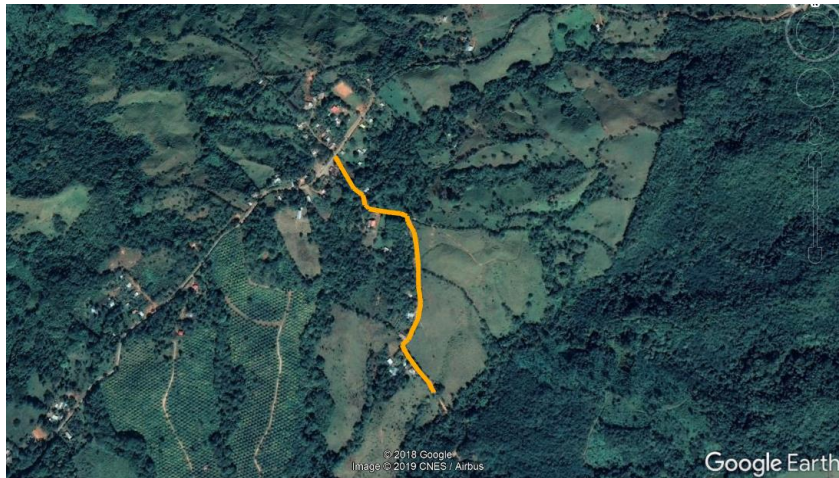


Figura 25. Proyecto 3: Proyecto Platanares – Villa Hermosa
Fuente: elaboración propia con ayuda de Google Earth Pro.



Figura 26. Proyecto 4: Proyecto San Antonio a: Finca José Beita – Volcancito.
Fuente: elaboración propia con ayuda de Google Earth Pro.

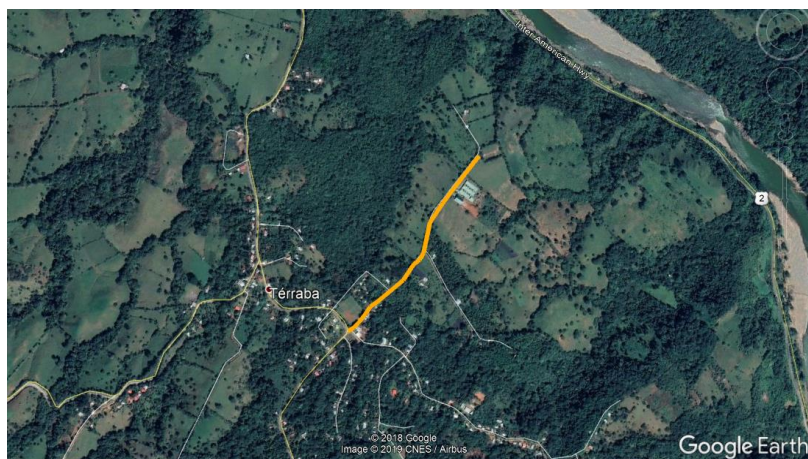


Figura 27. Proyecto 5: Proyecto Térraba: Iglesia – Cementerio
Fuente: elaboración propia con ayuda de Google Earth Pro.

Medición de rendimientos y productividades

Para cada uno de estos proyectos, se midieron los tiempos de trabajo reales, se extrapolaron las distancias de trabajo a Google Earth Pro en formato KML para tomar distancias y con estos insumos se pudo calcular los rendimientos reales de trabajo. Los tiempos de trabajo corresponden a los tiempos productivos, es decir, los tiempos donde las máquinas laboran haciendo actividades productivas, ciclos de trabajo. El tiempo en que las máquinas pasan paradas por distintas razones no se consideró, ya que no afecta en la forma con la que se estima el rendimiento, que es el trabajo hecho entre el tiempo invertido productivo para realizar dicho trabajo.

Se confeccionaron hojas de tomas de datos para medir rendimientos para cada máquina, las cuales consideran el tipo de actividad que realiza, el tiempo, el clima, las condiciones del suelo, las condiciones topográficas (si hay pendiente o no) y demás información. El fin es tomarlo como una herramienta y brindarlo a la Municipalidad para que se pueda implementar esta otra forma de obtener rendimiento, en caso de que la que es por GPS de NAVSAT no funcione. En los apéndices 1, 2, 3 y 4 se adjuntan dichas hojas de tomas de datos.

Paralelamente, por medio de investigación documental y elaboración de hojas de cálculo, se determinaron los rendimientos teóricos de la maquinaria. Esto se hizo mediante los datos del fabricante de la maquinaria, condiciones de uso promedio en los distintos proyectos y condiciones promedio en general para los proyectos.

Con respecto al cálculo de los rendimientos teóricos, se tuvo que realizar investigación documental.

Existen dos tipos de rendimientos por considerar en este trabajo: los rendimientos teóricos y los rendimientos reales. Los teóricos son los que se calculan por medio de fórmulas o ecuaciones que salen de la investigación literaria y se obtienen con el propósito de compararlos con los rendimientos reales que proporciona la maquinaria en la obra. Esto es de suma importancia para medir y cuantificar la calidad del trabajo y de ver la realidad de este.

Los rendimientos reales que se determinaron se obtuvieron con base en el tiempo de trabajo real de la maquinaria. Para ello se empleó la herramienta o programa NAVSAT, la cual es una licencia que consiste en un rastreo por posición satelital (GPS) y mide tanto el tiempo real de trabajo y recorridos del vehículo o máquina como la distancia recorrida por el mismo. El rendimiento real se obtiene dividiendo los kilómetros intervenidos del proyecto entre el tiempo requerido real que se usó en el mismo.

Factores que se emplean en el cálculo de rendimientos teóricos

De acuerdo con Suárez (2017) existen factores que afectan la producción en la maquinaria, no todos aplican para toda la maquinaria, puesto que algunos de estos factores están inmersos en lo que realiza cada equipo. Cuando se analice y determine el rendimiento de cada maquinaria, se especificará cuáles de estos factores aplican. Estos factores son:

1. Factor pendiente (P): este factor es importante, debido a que afecta cuando las pendientes son pronunciadas y se trabaja en sentido contrario a la pendiente. En este caso, representa un mayor esfuerzo que debe realizar la máquina para trabajar. Por el

contrario, el esfuerzo es menor si la máquina hace el trabajo en el sentido de la pendiente. En el cuadro 6, se ilustra el factor de pérdida o ganancia de rendimiento de acuerdo con el porcentaje de pendiente en el que se trabaja. Un porcentaje de pendiente negativo indica que se trabaja a favor de la pendiente, un porcentaje positivo indica que se trabaja en contra de la pendiente, sus factores P son menores pues implícitamente esto afecta disminuyendo el rendimiento.

En el cuadro 6 y la figura 28, se representan dichos valores de afectación de rendimiento de acuerdo con la pendiente.

Pendiente (%)	Factor (P)
-15	1.20
-10	1.14
-5	1.07
0	1.00
5	0.93
10	0.86
15	0.77

Fuente: (Suárez, 2017).

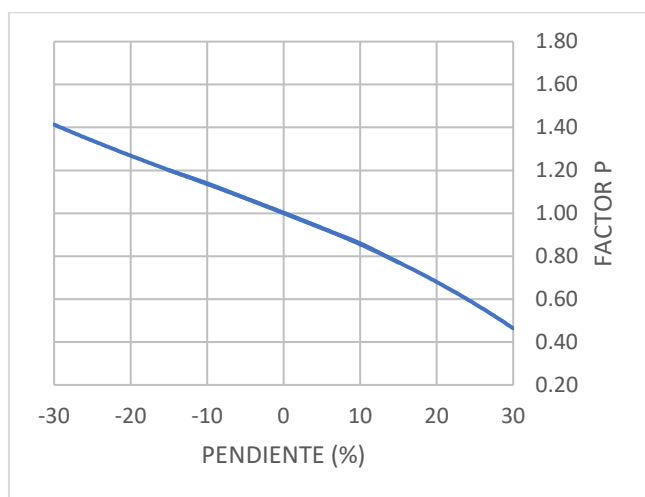


Figura 28. Factor usado de acuerdo con la pendiente del terreno.

Fuente: elaboración propia.

2. Factor del tipo de material (M): este representa los diferentes niveles de dificultad que poseen los materiales al ser extraídos de su lecho naturales o *in situ* de trabajo. En el cuadro 7, se expresan los factores M, debido al tipo o naturaleza de material a ser extraído (Suárez, 2017).

MATERIAL	FACTOR "M"
Suelto y amontonado, suelo no compactado, arena, grava, suelo suave.	1
Tierra compactada, arcilla seca, suelos con menos del 25% de roca.	0.90
Suelos duros con un contenido de roca de hasta 50 %	0.80
Roca escarificada o dinamitada, suelos con hasta 75 % de roca	0.70
Rocas areniscas y caliche	0.6

Fuente: (Suárez, 2017)

3. Factor de eficiencia del trabajo (E): De acuerdo con Suárez (2017) este factor considera la evaluación combinada de los factores que corresponden al aprovechamiento del tiempo y de la habilidad del operador. Los cuadros 8 y 9 muestran dos formas diferentes de obtener este factor de corrección, ambas dependiendo de la eficiencia del tiempo de trabajo y del operario.

Condiciones de trabajo	T (tiempo)	O (Operador)	E (Eficiencia)
Excelentes	60/60	1.0	1.0
Buenas	50/60	0.9	0.75
Regulares	45/60	0.8	0.60
Deficientes	40/60	0.7	0.47

Fuente: (Suárez, 2017).

Eficiencia	Operario				
	1.00	0.90	0.80	0.70	
Tiempo	60/60	1.00	0.90	0.80	0.70
	50/60	0.83	0.75	0.67	0.58
	45/60	0.75	0.68	0.60	0.53
	40/60	0.67	0.60	0.53	0.47

Fuente: (Suárez, 2017)

4. Factor de la hoja (FH): este factor representa las condiciones en las que se encuentra el suelo excavado y la dificultad que ofrece para ser empujado. De acuerdo con las

condiciones en que se efectúa el empuje del material, puede tener los valores dispuestos en el cuadro 10.

CUADRO 10. FACTOR DE HOJA	
Condiciones de empuje	Factor de Hoja (FH)
Empuje fácil: con cuchilla llena, para tierra suelta, bajo contenido de agua. Terrenos arenosos, tierra común, materiales amontonados.	0.90 - 1.10
Empuje promedio: tierra suelta pero imposible de empujar con cuchilla llena, suelo con grava, arena y roca triturada.	0.70 - 0.90
Empuje de dificultad moderada: contenido alto de agua, arcilla pegajosa con cascajo, arcilla seca y dura, suelo natural.	0.60 - 0.70
Empuje difícil: roca dinamitada o fragmentos grande de rocas.	0.40 - 0.60

Fuente: Manual de rendimiento CATERPILLAR.

Cálculo de rendimientos teóricos

1. Motoniveladora

El rendimiento de las motoniveladoras depende de las dimensiones de su hoja de corte, del tipo de suelo, de la velocidad que

puede alcanzar la máquina (tanto en avance como retroceso), del número de pasadas necesarias para ejecutar el trabajo, de la habilidad del operador, entre otros.

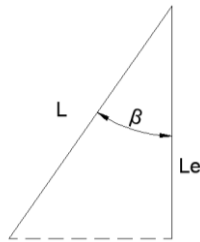
$$\text{Rendimiento} = \frac{60 * d * (L_e - L_o) * F_H * E * P}{N * T} \left(\frac{m^2}{h} \right)$$

Donde:

d: distancia recorrida en cada pasada, m.

Le: ancho útil en cada pasada, m. (Depende del ángulo de trabajo elegido para la hoja de corte). Es la longitud efectiva de la hoja, varía de acuerdo con el ángulo de trabajo de la hoja de corte. Su valor depende del tipo de trabajo, de las características del material, del tamaño de la máquina, etc. En general, el ángulo de ataque varía entre 15° a 50°. L corresponde al largo total de la hoja.

$$L_e = L * \cos \beta$$



Para un ángulo de 15°:

$$L_e = L * \cos 15 = 0.97 * L$$

Para un ángulo de 50°:

$$L_e = L * \cos 50 = 0.64 * L$$

Lo: ancho de traslape, representa el ancho de la faja que la máquina repasa entre la pasada anterior y la siguiente, en condiciones normales tiene un valor promedio de 20 cm.

T: duración del ciclo de trabajo para ejecutar una pasada, min. Será la sumatoria de los tiempos utilizados en las operaciones de corte, revoltura, nivelación o escarificado, así como los tiempos fijos para las maniobras de viraje. La duración del ciclo depende de la longitud del tramo de trabajo (m) y de la velocidad que la máquina pueda imprimir.

$$T = \frac{d}{V_a} + \frac{d}{V_r} + t_f$$

d: distancia de trabajo (m)

Va: velocidad de avance (m/min)

Vr: velocidad de retroceso (m/min)

Tf: tiempo fijo (tf = generalmente 1 minuto)

Velocidad de trabajo: la velocidad es el factor más difícil de evaluar, porque en gran medida depende de la habilidad del operador y del tipo de material que se está trabajando. La velocidad también depende del tamaño de la máquina, del espesor de la capa y del tipo de trabajo. En condiciones normales se utilizan los valores del cuadro 12.

CUADRO 12. VELOCIDADES TÍPICAS DE TRABAJO NIVELADORA	
Actividad / Proceso	Velocidad (km/hra)
Nivelación	5.0 - 6.0
Escarificado	4.0 - 5.0
Perfilado - corte	4.5 - 6.5
Limpieza de maleza	6.5 - 8.5
Conformación de subrasantes	4.0 - 6.0
Mezcla de materiales	4.0 - 6.0
Reparación de caminos	2.0 - 5.0
Excavación de zanjas	1.5 - 3.0
Terminación de orillas	1.0 - 2.0
Explanación de campo	1.5 - 4.0
Velocidad de retorno	15

Fuente: Manual de rendimientos Caterpillar

N: número de pasadas, depende del tipo de trabajo que ejecutará la motoniveladora, de las características del material y del espesor de la capa. Generalmente se usan los valores del cuadro 13.

CUADRO 13. NÚMERO DE PASADAS TÍPICAS NIVELADORA	
Actividad	Número de pasadas (N)
Nivelación	5 a 7
Limpieza de maleza	3 a 5
Escarificación de suelos	1 a 2
Mezcla de materiales	8 a 10
Conformación de subrasantes	5 a 7

Fuente: Manual de rendimientos Caterpillar

Fh: Factor de hoja.

E: Factor de eficiencia del trabajo.

P: Factor de pendiente.

2. Compactador

La productividad de un rodillo compactador depende, entre otros aspectos, del ancho y el peso del rodillo, del tipo de suelo, la velocidad que puede alcanzar la máquina, el número de pasadas necesarias para obtener la densidad especificada, del espesor de la capa y la habilidad del trabajador.

La producción está dada por la ecuación:

$$P (\text{Rendimiento}) = \frac{W * V * E}{N}$$

Donde:

P: producción en m²/h

W: ancho efectivo de compactación (m)

V: velocidad de operación (m/h)

N: número de pasadas del compactador por capa

E: factor de eficiencia del trabajo

Ancho efectivo de compactación: corresponde al ancho real del rodillo menos el ancho de traslape "Lo":

Para compactadores neumáticos

Lo = 0.30 m

Para rodillos vibratorios

Lo = 0.20 m

Para rodillos vibratorios pequeños

Lo = 0.10 m

Velocidad de operación: en condiciones generales, se usan los siguientes valores:

Compactadores neumáticos

2.0 a 4.0 km/h

Compactadores vibratorios (Liso o pata de cabra)

2.5 a 4.5 km/h

Número de pasadas: es el número de pasadas que debe efectuar el compactador para conseguir la densidad especificada según requerimientos o sobre base en pruebas de compactación. Se

pueden usar los siguientes valores en caso de no tener especificaciones:

Compactador neumático

De 6 a 10 pasadas

Rodillo vibratorio (liso o pata de cabra)

De 8 a 12 pasadas

Espesor compactado por capa: el espesor de compactación se termina de acuerdo con las especificaciones que rigen el proyecto. Como regla general este espesor varía de 0.15 m a 0.5 m considerando volumen suelto.

La productividad de los compactadores se ve afectada por el factor eficiencia del trabajo, el cual considera la habilidad del operador y el tiempo efectivo de trabajo. Tal como se observó previamente.

Con respecto a la productividad y su cálculo respectivo, se realizó por medio de la medición de tiempos divididos en 2 categorías: 1. Tiempos productivos y 2. Tiempos contributivos y no productivos. Se aclara que esta segunda división de tiempos se debe a que los tiempos obtenidos por medio del programa software NAVSAT no discreta entre los tiempos contributivos de los no productivos, esto ya que por la naturaleza de la obtención de los datos, que es la visualización de los recorridos por la máquina, no existe forma al día de hoy de diferenciar estos tiempos, pues no se sabe si el tiempo detenido, por ejemplo, es por una tarea contributiva de la obra misma o simplemente por aspectos no productivos naturales en un proyecto.

Los tiempos productivos corresponden al tiempo que día a día cada máquina laboró realizando ciclos de trabajo y es respaldado y obtenido por lo observado en el recorrido de la máquina en tiempo exacto que se realizó, gracias a NAVSAT. Estos tiempos productivos se tabularon diariamente para cada proyecto en los cuadros que se muestran en los apéndices 6 y 7.

Una vez obtenidos los tiempos productivos por día, se calcula el promedio por proyecto, de los 5 proyectos estudiados. Para así tener el tiempo productivo promedio en cada proyecto y analizarlo. El porcentaje de tiempo productivo se determinó como el total del tiempo promedio productivo determinado, entre la jornada de trabajo esperada, por cien para obtenerlo en porcentaje.

Por su parte los tiempos contributivos y no productivos se obtuvo como la diferencia entre la jornada laboral y el tiempo productivo determinado previamente. Y su porcentaje de trabajo contributivo - no productivo, se obtuvo como la diferencia del 100% de trabajo y el porcentaje de trabajo productivo estimado previamente, o bien dividiendo el tiempo contributivo - no productivo entre la jornada laboral, por cien.

Comparación entre rendimientos teóricos y reales

Con los rendimientos teóricos y los reales determinados en la etapa previa, se realiza una comparación entre ambos, se tabulan estos resultados, se determinó el porcentaje de diferencia, se crearon gráficos y se analizó esta información, la cual se ve reflejada en los resultados.

Con estos datos, se conoció la situación actual de la municipalidad en este tema, cuántas horas por día se trabaja, cuánto se avanza por día y los costos aproximados por kilómetro de proyecto, entre otra información relevante.

Variables que afectan el rendimiento

Se estudiaron las causas de bajo rendimiento y se propuso dar solución por medio de recomendaciones dentro de un plan de trabajo operacional. Esto se realizó primero por medio de la detección de las causas de bajo rendimiento, gracias a métodos de observación, cuestionarios aplicadas a los trabajadores y operarios (ver apéndice 7) de la UTGV de la Municipalidad, así como por entrevistas a los ingenieros de la Unidad.

Con la información recopilada, se confeccionaron diagramas de Ishikawa de las causas de bajo rendimiento en los proyectos, que se logran realizar gracias a información recolectada en el cuestionario, el juicio de expertos y lo observado por el autor de este trabajo.

Por último, se grafican los resultados del cuestionario aplicado para un más fácil entendimiento de las respuestas generadas por los operadores y trabajadores de la unidad, tal como se mostrará en los resultados.

Propuesta de mejora

Dados los datos y resultados obtenidos, se realiza una propuesta de mejora estratégica que ataque las causas a los problemas de rendimientos inferiores a los esperados, causas determinadas previamente, de manera que se logre disminuir bajos rendimientos, es decir, aumentar el trabajo, con el fin de aprovechar mejor los tiempos de trabajo y disminuir costos dentro de los proyectos.

Resultados

Maquinaria Municipal

La Municipalidad cuenta con un frente de trabajo que se encarga de ejecutar los proyectos bajo la modalidad Administración, Obras por convenio y los de una modalidad denominada por el departamento de la UTGVM como “Ejecución Inmediata”; los cuales son los proyectos que por diversas razones naturales o sociales se deben resolver con prontitud y debido a la urgencia del proyecto, no se pueden realizar por contratación, por el tiempo que esta requiere para iniciar la obra.

Los proyectos que son ejecutados por otras modalidades en las que se requiere contratar equipo, como obras por contrato, concesión (no se usa esta modalidad en el Municipio) o combinaciones de modalidad, no se da intervención de la maquinaria por la naturaleza de la modalidad de ejecución, más que la inspección por parte del contratante (Municipalidad) para verificar que todo se cumpla de acuerdo con lo estipulado, tanto normas técnicas, especificaciones, así como procedimientos, en el cartel de la licitación.

El frente de trabajo que administra la Municipalidad está conformado por una niveladora, tres vagonetas, un cargador de ruedas, un compactador de suelo vibratorio y un *backhoe*. Además, posee un camión cabezal y un semi remolque *low boy* que se usan para el traslado de maquinaria.

El equipo de trabajo en su mayoría son modelo año 2008, lo cual implica que tienen más de 10 años de antigüedad, a la fecha de este estudio. En los proyectos que se enfoca este estudio y donde principalmente trabajan estas máquinas, son los de administración, en los cuales se realiza específicamente reconformación de caminos como actividad de mantenimiento de las vías cantonales, más adelante se detalla este tipo de trabajo.

En estos proyectos estudiados no toda la maquinaria que posee la Municipalidad es utilizada o empleada en los trabajos de reconformación, por lo que se limita este estudio de estimación de rendimientos únicamente a la niveladora y la compactadora, ya que el back hoe y el cargador principalmente realizan labores de limpieza en el plantel Municipal y las vagonetas se emplean cuando se requiere material de lastre en el proyecto vial.

En el cuadro 15, se describen dichos equipos municipales, por marcas, modelos, cantidades, año y placas.

CUADRO 15. MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD						
Máquina	Cantidad	Marca	Modelo	Año	Combustible	Placa
Vagoneta	3	Mack	Granitte	2008	Diesel	SM 4603 SM 4604 SM 4620
Cargador de Ruedas	1	Caterpillar	928 G	2000	Diesel	SM 3371
Motoniveladora	1	Caterpillar	140M	2008	Diesel	SM 4574
Compactadora 1 rodillo	1	Caterpillar	CS 533E	2008	Diesel	SM 4466
<i>Backhoe</i>	1	John Deere	310 SJ	2008	Diesel	SM 4613

Fuente: elaboración propia con datos de la Municipalidad.

Reconformación de superficies no pavimentadas

De acuerdo con el Ingeniero Salazar, director de la UTGVM, al ser la mayoría de caminos de lastres y tierra los que deben atender como responsabilidad de la Municipalidad, para el mantenimiento rutinario de estas vías se realiza la actividad “Reconformación de Superficies No Pavimentadas”, normado y regulado en el SIECA (Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2000) bajo la actividad con el código: RUT 006.

Este tipo de trabajo se describe como conformar superficies no pavimentadas sin añadir material adicional, procurando conservar la sección típica tanto en ancho como en el bombeo.

El propósito del procedimiento es mantener el perfil de la carretera en condiciones similares a las de diseño y proveer una superficie de rodadura uniforme. El criterio para la ejecución es que se llevará a cabo cuando la superficie tenga muchas irregularidades, se trabajará el material a la humedad óptima (de preferencia al principio de la estación lluviosa).

El trabajo consiste en escarificar, homogenizar, humedecer, conformar, compactar y afinar la superficie de rodadura, hombros y cunetas de carreteras de tierra, para mantener el perfil de estas en condiciones adecuadas de transitabilidad, la limpieza y retiro de material sobrante de las cunetas que puedan obstaculizar el corrimiento de las aguas.

La superficie terminada estará libre de baches, erosiones y otras irregularidades. Su superficie será pareja, con un bombeo entre 2% y 4%, con partículas no mayores a 75 mm (3.0”). El agua debe escurrir libremente hacia zonas que no afecten la estructura de la carretera.

Se debe escarificar, mezclar, regar con agua para alcanzar la humedad óptima, conformar para obtener el bombeo especificado en el párrafo anterior, afinar y compactar hasta obtener una densidad mínima del 90% AASHTO T-99 (Proctor estándar). La compactación debe comenzar en los bordes, avanzando hacia el centro de la carretera y debe continuar hasta que toda la capa quede compactada en todo su ancho y espesor, con la densidad señalada anteriormente. Tanto la medición como el pago o costo se obtendrá por kilómetro lineal, metro lineal o metro cuadrado (Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2004).

En la figura 41, se muestra un diagrama de flujo con el proceso y las tareas necesarias para realizar la actividad “Reconformación de superficies no pavimentadas”, de acuerdo con lo expuesto en el SIECA para el éxito de esta actividad. Dicha actividad es la que la Municipalidad realiza en los proyectos de mantenimiento y, por ende, en los proyectos analizados en esta investigación.

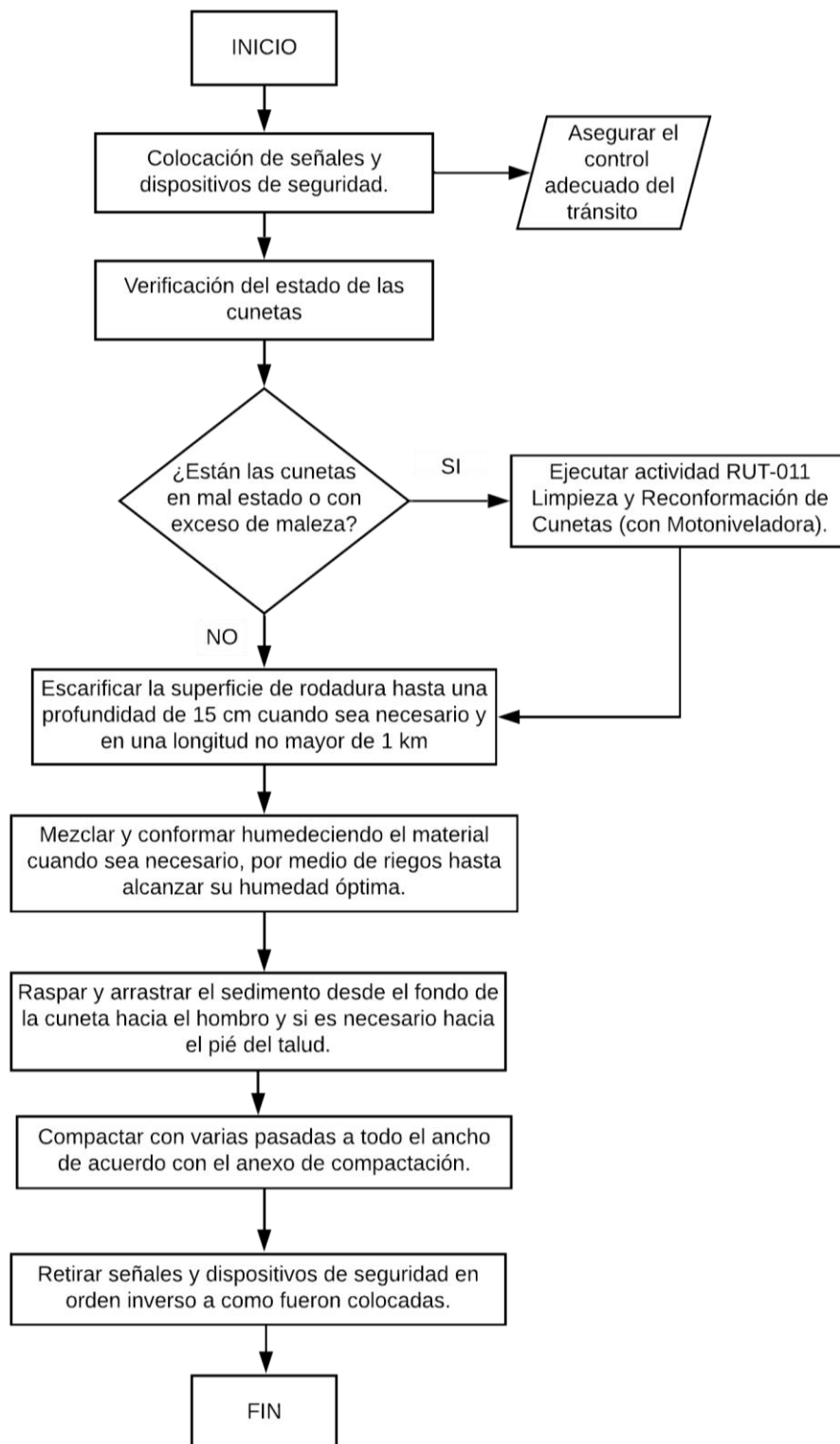


Figura 41. Diagrama de flujo del proceso “Reconformación de superficies no pavimentadas”.
Fuente: elaboración propia con información del SIECA (2000).

En la mayoría de los proyectos municipales se desarrolla la reconfiguración de caminos de tierra sin necesidad de reponer material granular (lastre), pues aún existe en la superficie de ruedo (Ver figura 42), sin embargo, existen proyectos que, debido a las condiciones de

ausencia elevada o total del material por un olvido de mantenimiento constante del camino, por lluvia u otros factores, se ha perdido dicho material y se debe reponer. Uno de esos casos aplicó para el proyecto de Volcancito de Térraba (Ver figura 43).



Figura 42. Reconfiguración de camino municipal.
Fuente: fotografía capturada por el autor.



Figura 43. Reconfiguración de camino municipal con lastre.
Fuente: fotografía capturada por el autor.

Rendimientos, productividades y costos

Rendimientos teóricos

En este apartado se obtuvieron los rendimientos en m²/hora, de acuerdo con las fórmulas de la bibliografía teórica de rendimientos de maquinaria expuestas en la metodología, no obstante, para su comparación con los rendimientos reales y porque generalmente se expresa en km/día para este tipo de proyectos, se realizó la conversión a estas últimas unidades.

En el caso de la niveladora, su cálculo se determina como se explicó en la teoría detallada en la metodología y de acuerdo con las características propias de la máquina. Del mismo modo, se realizó con la compactadora. Los rendimientos teóricos se muestran en el cuadro 16. El rendimiento teórico mostrado corresponde a la actividad de reconformación de caminos no pavimentados, tipo de proyecto que realiza la maquinaria municipal.

Como se mencionó también en la metodología, el frente de trabajo en campo consiste en la niveladora y la compactadora. El *backhoe* y el cargador se utilizan principalmente en limpieza y otras actividades en el plantel municipal y las vagonetas se emplean en los proyectos cuando se necesite transportar material de balasto o lastre desde una fuente o tajo, por lo que estos equipos no fueron tomados en cuenta.

La memoria de cálculo de estos rendimientos se encuentra en los apéndices 8 y 9 para la niveladora y la compactadora respectivamente. El cálculo se realizó por medio de una hoja programada en Microsoft Excel, hecha por el autor del presente proyecto, donde únicamente se ingresaban las variables de la fórmula de cálculo para las condiciones promedio de trabajo.

CUADRO 16. RENDIMIENTOS TEÓRICOS ESPERADOS		
Máquina	m ² /hra	km/día
Niveladora	485.61	0.567
Compactadora	1125.83	1.313

Fuente: elaboración propia.

Rendimientos reales

En la sección de metodología, durante la realización de la práctica, se analizaron rendimientos en cinco proyectos viales donde se realizó la actividad de reconformado de superficie no pavimentada, actividad que realiza la maquinaria municipal. A continuación, se muestran los resultados para cada uno de los 5 proyectos, como se observa en los cuadros 17, 18, 19, 20 y 21. Se muestra información general de la obra y los rendimientos teóricos y reales determinados, para cada proyecto en cada cuadro expuesto.

El tiempo trabajado productivo mostrado para cada proyecto en cada cuadro es en el que la

máquina trabaja productivamente, es decir, realizando ciclos de trabajo. Aparece en esta sección un resumen con las horas trabajadas totales por proyecto.

En los apéndices 6 y 7 se encuentra la memoria de datos de la hoja de cálculo en la que se respaldó la información completa de duración para cada día de trabajo, donde se muestran dichos tiempos desglosados para cada máquina en forma calendarizada y cronológica en el tiempo, para una mejor visualización y entendimiento del comportamiento de las horas trabajadas diarias.

1) PROYECTO 1: (ENT.N.610) CRUCE SN. RAFAEL A: (ENT.C.33) LLANO BONITO.

Longitud intervenida:	2.25 km
Presupuesto inicial:	₺10,296,000
Presupuesto ejecutado:	₺5,073,782
Diferencia:	-₺5,222,218
Fecha Inicio:	01/04/19
Fecha final:	09/04/19
Días hábiles trabajados	7 días
Código camino:	6-03-010
Ancho intervenido:	6 m

CUADRO 17. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN RECONFORMACIÓN DE CAMINOS PROYECTO 1.								
Máquina	Horas trabajadas			Longitud Intervenida (km)	Rendimiento real (km/hr)	Rendimiento real (km/día)	Rendimiento teórico (m ² /hr)	Rendimiento teórico (km/día)
	Formato hora	Formato decimal	Promedio por día					
Niveladora CAT 140 M	32:29:37	32.494	4:38:31	2.250	0.069	0.485	485.61	0.567
Compactadora CAT CS533E	8:20:50	8.347	4:10:25	1.500	0.180	1.258	1125.83	1.313

Fuente: elaboración propia.

2) PROYECTO 2: Calles Urbanas Volcán

Longitud intervenida:	1.3 km
Presupuesto inicial:	₺6,056,586
Presupuesto ejecutado:	₺4,788,267
Diferencia:	-₺1,268,319
Fecha Inicio:	10/04/19
Fecha final:	24/04/19
Días hábiles trabajados	5 días
Código camino:	6-03-117
Ancho intervenido:	6 m

CUADRO 18. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN RECONFORMACIÓN DE CAMINOS PROYECTO 2.								
Máquina	Horas trabajadas			Longitud Intervenida (km)	Rendimiento real (km/hr)	Rendimiento real (km/día)	Rendimiento teórico (m ² /hr)	Rendimiento teórico (km/día)
	Formato hora	Formato decimal	Promedio por día					
Niveladora CAT 140 M	23:29:29	23.491	4:41:54	1.300	0.055	0.387	485.61	0.567
Compactadora CAT CS533E	11:53:05	11.885	2:22:37	1.300	0.109	0.766	1125.83	1.313

Fuente: elaboración propia.

3) PROYECTO 3: (ENT.C.7) PLATANARES - (ENT.C.7) VILLA HERMOSA

Longitud intervenida:	0.8 km
Presupuesto inicial:	¢2,540,000
Presupuesto ejecutado:	¢1,634,000
Diferencia:	-¢906,000
Fecha Inicio:	26/04/19
Fecha final:	03/05/19
Días hábiles trabajados	4 días
Código camino:	6-03-333
Ancho intervenido:	6 m

CUADRO 19. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN RECONFORMACIÓN DE CAMINOS PROYECTO 3.								
Máquina	Horas trabajadas			Longitud Intervenida (km)	Rendimiento real (km/hr)	Rendimiento real (km/día)	Rendimiento teórico (m ² /hr)	Rendimiento teórico (km/día)
	Formato hora	Formato decimal	Promedio por día					
Niveladora CAT 140 M	14:57:23	14.956	3:44:21	0.800	0.053	0.374	485.61	0.567
Compactadora CAT CS533E	7:50:53	7.848	1:57:43	0.800	0.102	0.714	1125.83	1.313

Fuente: elaboración propia.

4) PROYECTO 4: (ENT.N.625) SAN ANTONIO A: FINCA JOSÉ BEITA VOLCANCITO

Longitud intervenida:	2.6 km
Presupuesto inicial:	¢14,020,500
Presupuesto ejecutado:	¢11,936,098
Diferencia:	-¢2,084,402
Fecha Inicio:	31/05/19
Fecha final:	21/06/19
Días hábiles trabajados	15 días
Código camino:	6-03-243
Ancho intervenido:	6 m

CUADRO 20. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN RECONFORMACIÓN DE CAMINOS PROYECTO 4.								
Máquina	Horas trabajadas			Longitud Intervenida (km)	Rendimiento real (km/hr)	Rendimiento real (km/día)	Rendimiento teórico (m ² /hr)	Rendimiento teórico (km/día)
	Formato hora	Formato decimal	Promedio por día					
Niveladora CAT 140 M	59:07:03	59.118	3:56:28	2.600	0.044	0.308	485.61	0.567
Compactadora CAT CS533E	48:19:36	48.327	3:13:18	2.600	0.054	0.377	1125.83	1.313

Fuente: elaboración propia.

5) PROYECTO 5: (ENT.C.237) IGLESIA TÉRRABA - CEM. TÉRRABA

Longitud intervenida:	0.8 km
Presupuesto inicial:	Ø4,116,000
Presupuesto ejecutado:	Ø3,083,816
Diferencia:	-Ø1,032,184
Fecha Inicio:	21/06/19
Fecha final:	27/06/19
Días hábiles trabajados	5 días
Código camino:	6-03-239
Ancho intervenido:	6 m

CUADRO 21. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN RECONFORMACIÓN DE CAMINOS PROYECTO 5.								
Máquina	Horas trabajadas			Longitud Intervenida (km)	Rendimiento real (km/hr)	Rendimiento real (km/día)	Rendimiento teórico (m ² /hr)	Rendimiento teórico (km/día)
	Formato hora	Formato decimal	Promedio por día					
Niveladora CAT 140 M	13:50:28	13.841	2:46:06	0.800	0.058	0.405	485.61	0.567
Compactadora CAT CS533E	10:39:58	10.666	2:08:00	0.800	0.075	0.525	1125.83	1.313

Fuente: elaboración propia.

RESUMEN RENDIMIENTO CONJUNTO DE LA MAQUINARIA, COSTO POR KILÓMETRO Y PORCENTAJE DE AVANCE DIARIO

El cuadro 22 contiene los resultados de la recopilación de los datos de todos los proyectos analizados, así como el resumen conjunto del frente de trabajo, tanto de la niveladora como la compactadora en promedio, incluyendo la distancia intervenida, fechas de inicio y fin, los días reales trabajados, el presupuesto

inicial que se proyectó y el presupuesto ejecutado o lo gastado, finalmente, el rendimiento conjunto (el cual corresponde al promedio del rendimiento de la niveladora y la compactadora), el costo por kilómetro y el porcentaje de avance de la obra por día.

CUADRO 22. RESUMEN DE RENDIMIENTOS DE LA MAQUINARIA

ID	Proyecto	Distancia Intervenida	Inicio	Final	Días trabajados	Presupuesto Inicial	Presupuesto ejecutado	Rendimiento conjunto de la maquinaria (km/día)	Avance diario promedio (km)	Costo por km	% Avance diario en reconformación con respecto a la obra
1	San Rafael - Llano Bonito	2.25 km	01/04/19	09/04/19	7 días	₡10,296,000	₡5,073,782	0.871	0.3214	₡2,255,014	14.3%
2	Calles urbanas volcán	1.3 km	10/04/19	24/04/19	5 días	₡6,056,586	₡4,788,267	0.577	0.2600	₡3,683,282	20.0%
3	Platanares - Villa hermosa	0.8 km	26/04/19	03/05/19	4 días	₡2,540,000	₡1,634,000	0.544	0.2000	₡2,042,500	25.0%
4	San Antonio - Volcancito	2.6 km	31/05/19	21/06/19	15 días	₡14,020,500	₡11,936,098	0.342	0.1733	₡4,590,807	6.7%
5	Térraba iglesia - cementerio	0.8 km	21/06/19	27/06/19	5 días	₡4,116,000	₡3,083,816	0.465	0.1600	₡3,854,770	20.0%
Total		7.75 km	87 días		36 días	₡37,029,086	₡26,515,963				
Promedio			2.9 meses					0.5598	0.2230	₡3,285,275	17.19%

Fuente: elaboración propia.

En la figura 44 se expone el rendimiento conjunto del equipo de trabajo (niveladora y compactadora en la actividad reconformación de superficies no

pavimentadas) para cada uno de los proyectos analizados, así como el promedio de estos.

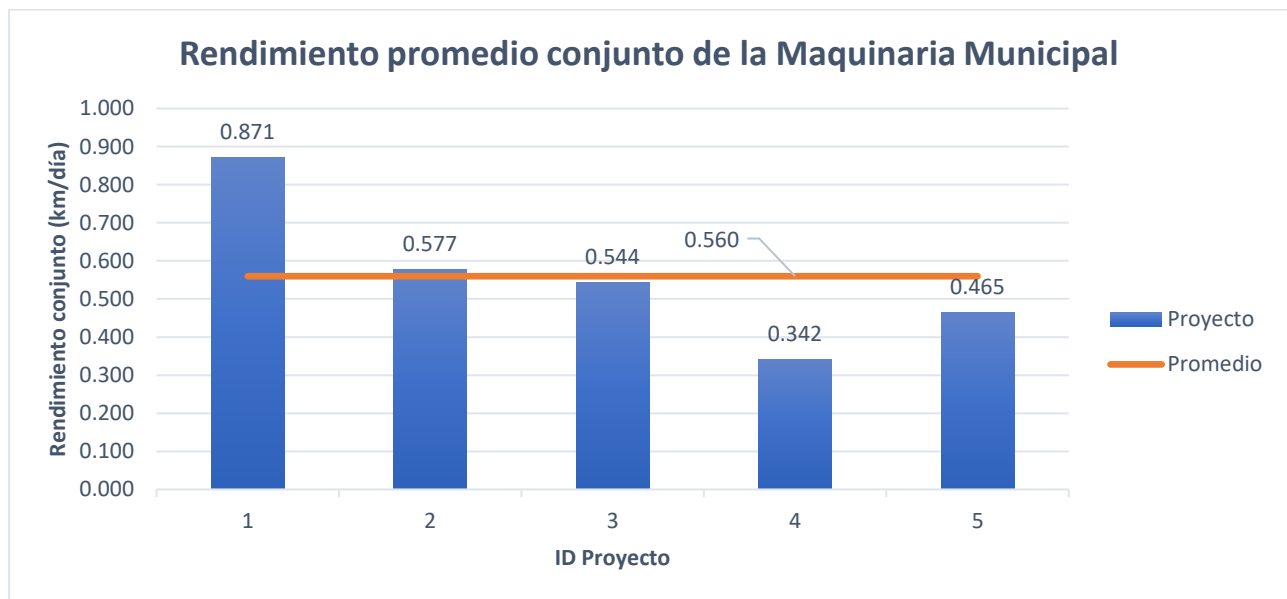


Figura 44. Rendimiento promedio conjunto de la maquinaria (niveladora y compactador) municipal. Fuente: elaboración propia.

Se obtuvo el porcentaje de avance de la obra por día de trabajo con respecto a la cantidad de obra total. Obtenido de la cantidad de camino

intervenido promedio diario con respecto a la longitud de intervención de todo el proyecto. En la figura 45 se observan los resultados por proyecto.

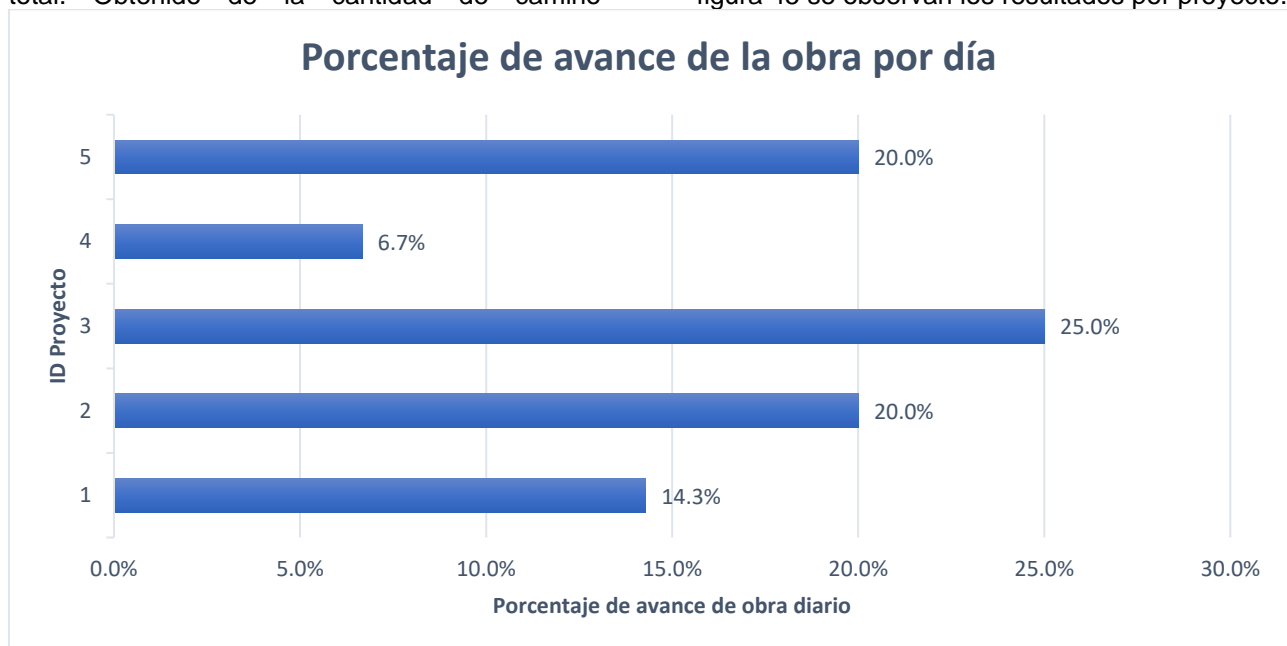


Figura 45. Avance diario promedio de la maquinaria municipal. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se obtuvieron los costos por kilómetro intervenidos, tal como se aprecia en la figura 46. Esto para cada proyecto, así como el promedio total, el cual se observa que es de

₡3.285.275. Estos costos incluyen costos de operación, combustible, imprevistos, logística, materiales, equipo, etc. No incluye gastos de salarios de los operarios.



Figura 46. Costo promedio por kilómetro analizado en cada proyecto.
Fuente: elaboración propia.

RESUMEN DEL RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD: NIVELADORA

Se obtiene en el cuadro 23 un desglose de rendimientos y productividad, específicamente para la niveladora, donde sobresale las horas trabajadas, el promedio de horas por día, el

avance de acuerdo con los días trabajados, así como la distancia intervenida y los porcentajes de trabajo obtenidos.

Proyecto	Días trabajados	Horas trabajadas	Kilómetros intervenidos	Promedio horas/día	Avance diario promedio (km)	% Trabajo Productivo diario	% Trabajo Contributivo y No Productivo diario
1 San Rafael - Llano Bonito	7	32.494	2.25 km	4.642	0.32	84.4%	15.6%
2 Calles urbanas volcán	5	23.491	1.30 km	4.698	0.26	85.4%	14.6%
3 Platanares - Villa hermosa	4	14.956	0.80 km	3.739	0.20	68.0%	32.0%
4 San Antonio - Volcancito	15	59.118	2.60 km	3.941	0.17	71.7%	28.3%
5 Terraba iglesia - cementerio	5	13.841	0.80 km	2.768	0.16	50.3%	49.7%
Promedio				3.96	0.22	72.0%	28.0%

Fuente: elaboración propia.

RESUMEN DEL RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD: COMPACTADORA

Por otro lado, en el cuadro 24 se muestra el desglose de rendimientos y productividad, específicamente para la compactadora, donde sobresale las horas trabajadas, el promedio de

horas por día, el avance de acuerdo con los días trabajados, así como la distancia intervenida y los porcentajes de trabajo obtenidos.

CUADRO 24. RESUMEN DE RENDIMIENTOS Y PRODUCTIVIDAD COMPACTADORA CAT CS533E								
Proyecto	Días trabajados	Horas trabajadas	Kilómetros intervenidos	Promedio horas/día	Avance diario promedio (km)	% Trabajo Productivo diario	% Trabajo Contributivo y No Productivo diario	
1 San Rafael - Llano Bonito	2	8.347	1.50 km	4.174	0.75	75.9%	24.1%	
2 Calles urbanas volcán	5	11.885	1.30 km	2.377	0.26	43.2%	56.8%	
3 Platanares - Villa hermosa	4	7.848	0.80 km	1.962	0.20	35.7%	64.3%	
4 San Antonio - Volcancito	15	48.327	2.60 km	3.222	0.17	58.6%	41.4%	
5 Térraba iglesia - cementerio	5	10.666	0.80 km	2.133	0.16	38.8%	61.2%	
Promedio				2.77	0.31	50.4%	49.6%	

Fuente: elaboración propia.

En la figura 47 se aprecian las horas promedio trabajadas totales por proyecto, tanto para la niveladora como para la compactadora.

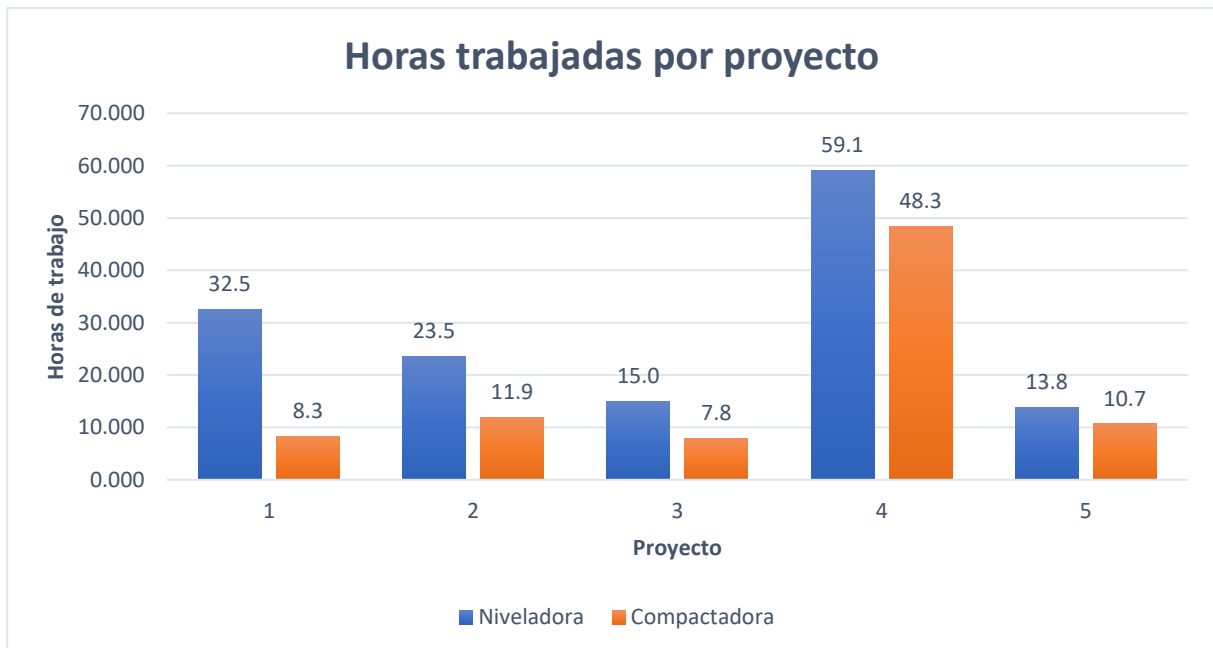


Figura 47. Horas trabajadas por proyecto de la maquinaria municipal.

Fuente: elaboración propia.

Se aprecia en las figuras 48 y 49 los niveles de trabajo productivo para la compactadora y la niveladora respectivamente, en cada proyecto

intervenido. Se observan los promedios y el comportamiento del trabajo productivo en cada máquina.

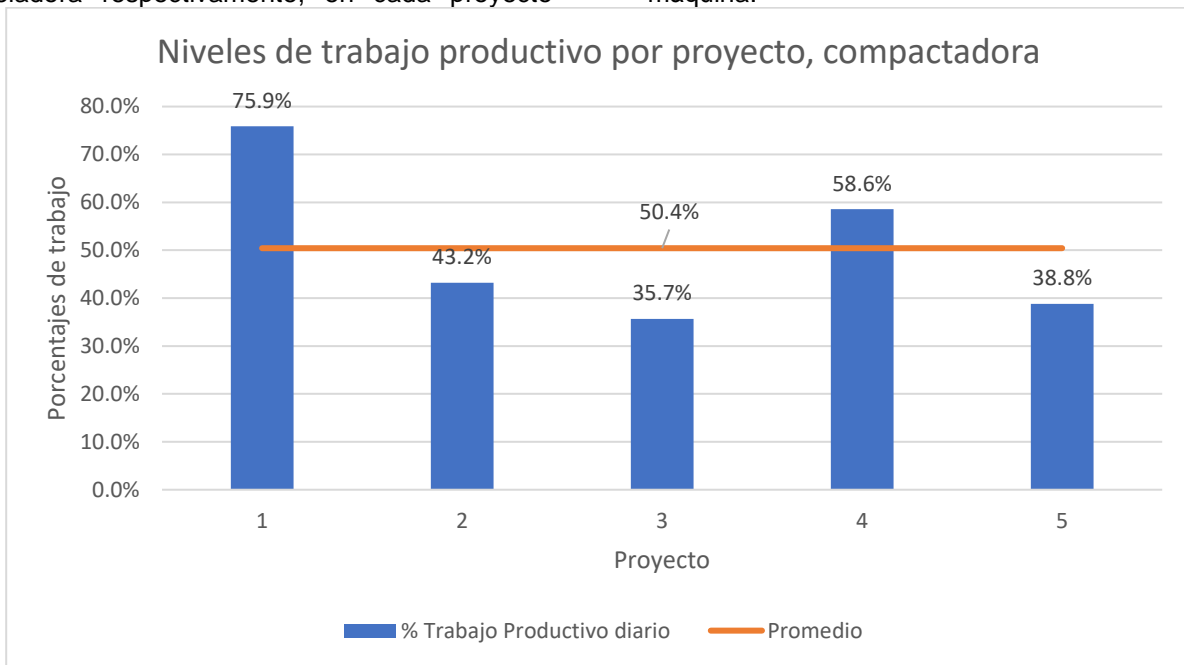


Figura 48. Niveles de trabajo productivo por proyecto para la compactadora.
Fuente: elaboración propia.

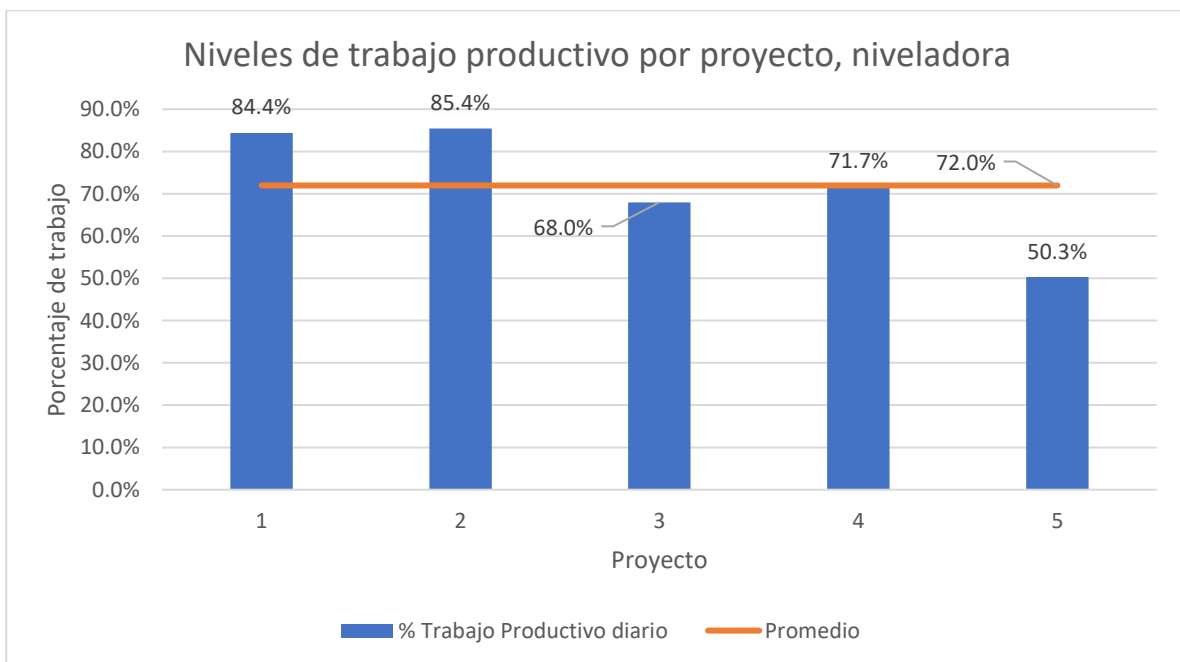


Figura 49. Niveles de trabajo productivo por proyecto para la niveladora.
Fuente: elaboración propia.

Por último, se expresan los porcentajes promedio de trabajo para cada máquina, como se aprecia en las figuras 50 y 51 para la niveladora y

compactadora respectivamente. Se expresa, además, el porcentaje de trabajo no productivo y contributivo de cada máquina.

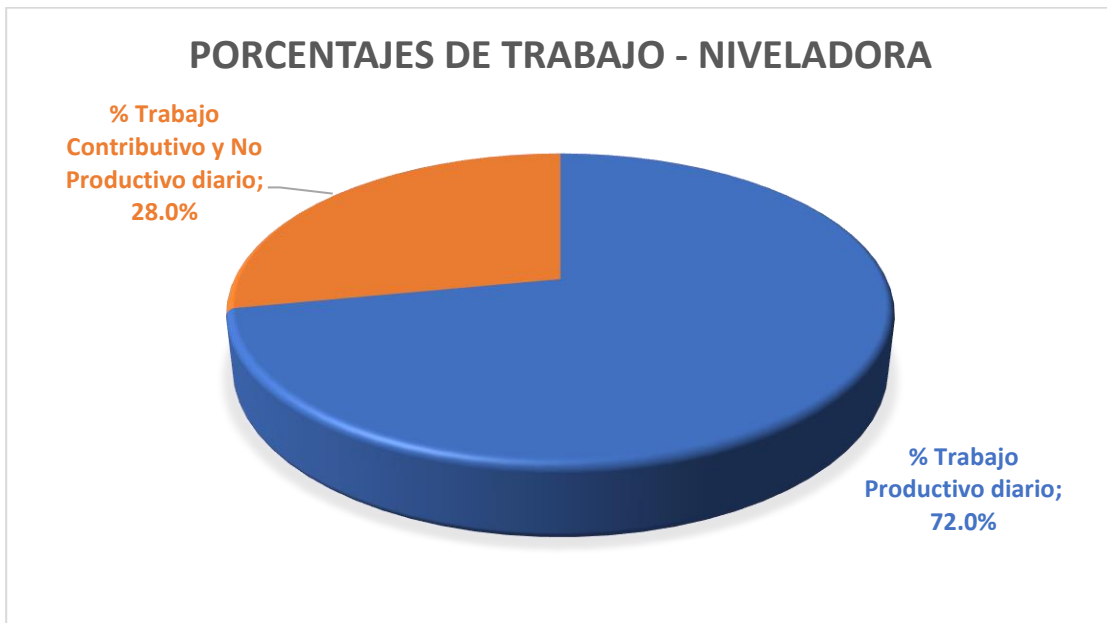


Figura 50. Porcentajes de trabajo productivo y contributivo – no productivo de la niveladora.
Fuente: elaboración propia.



Figura 51. Porcentajes de trabajo productivo y contributivo – no productivo de la compactadora.
Fuente: elaboración propia.

Promedio de horas trabajadas diarias

En el cuadro 25 se observan las horas trabajadas promedio por día tanto para la niveladora como para la compactadora, en cada proyecto. Además,

el porcentaje del tiempo laboral productivo alcanzado del tiempo laboral productivo esperado, el cual es 5.5 horas diarias.

CUADRO 25. PROMEDIO DE HORAS TRABAJADAS POR DÍA			
Proyecto		Promedio de horas diarias trabajadas	
		Niveladora	Compactadora
1	San Rafael - Llano Bonito	4:38:31	4:10:25
2	Calles urbanas volcán	4:41:54	2:22:37
3	Platanares - Villa hermosa	3:44:21	1:57:43
5	San Antonio - Volcancito	3:56:28	3:13:18
5	Térraba iglesia - cementerio	2:46:06	2:08:00
Promedio		3:57:28	2:46:25
Porcentaje de tiempo laboral esperado alcanzado		71.96%	50.43%

Fuente: elaboración propia.

En la figura 52 se observa el comportamiento del promedio de horas trabajadas por día para cada máquina en cada proyecto.

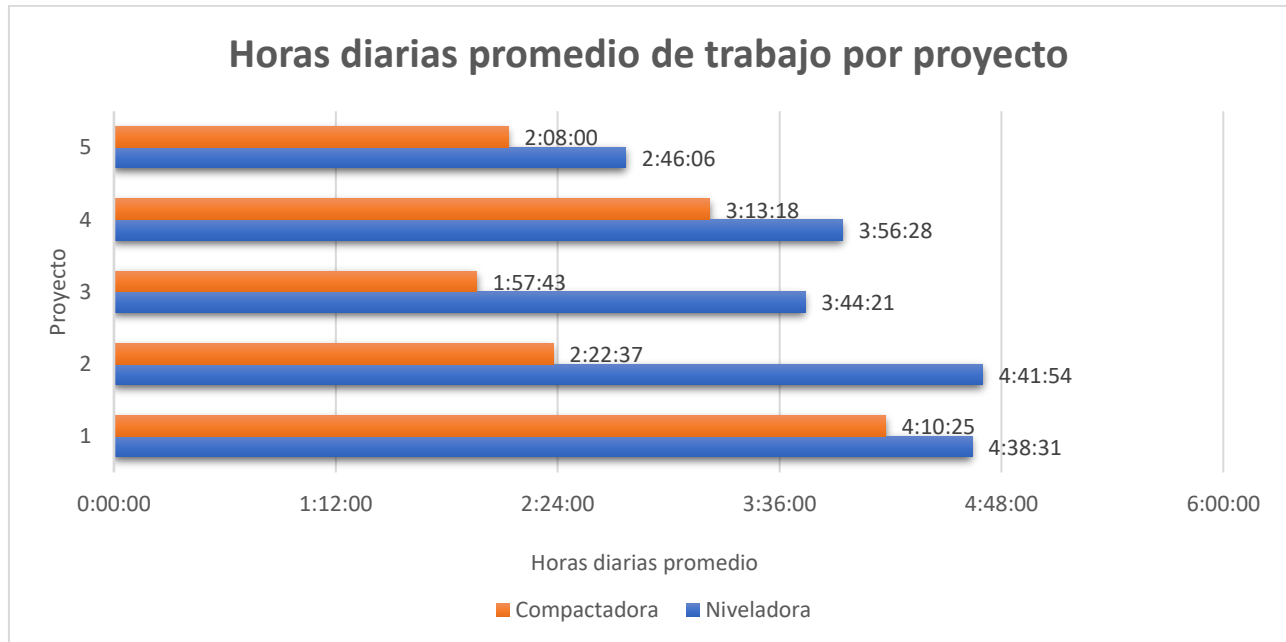


Figura 52. Promedio de horas diarias trabajadas por la maquinaria para los 5 proyectos.
Fuente: elaboración propia.

NOTA: es importante recalcar que, a pesar de que la jornada laboral es de 8 horas, por recomendación del ingeniero de la UTGVM, el tiempo esperado no es el mismo que la jornada, pues se debe restar el tiempo de traslados al lugar que, por lo general, está aproximadamente a una hora del centro de Buenos Aires, además de una hora de almuerzo y 15 minutos de recesos en la tarde y mañana para los operadores. Por esto el tiempo laboral real esperado es de 5.5 horas. (8 horas – 1 hora traslados – 1 hora de almuerzo –

0.5 hora de recesos = 5.5 horas). Este corresponde al tiempo productivo en el que se espera esté trabajando la maquinaria realizando ciclos de trabajo.

En la figura 53 se observa el resultado final del promedio de horas reales trabajadas diarias según la máquina con respecto a lo esperado que se trabajará. Este incluye todos los proyectos.

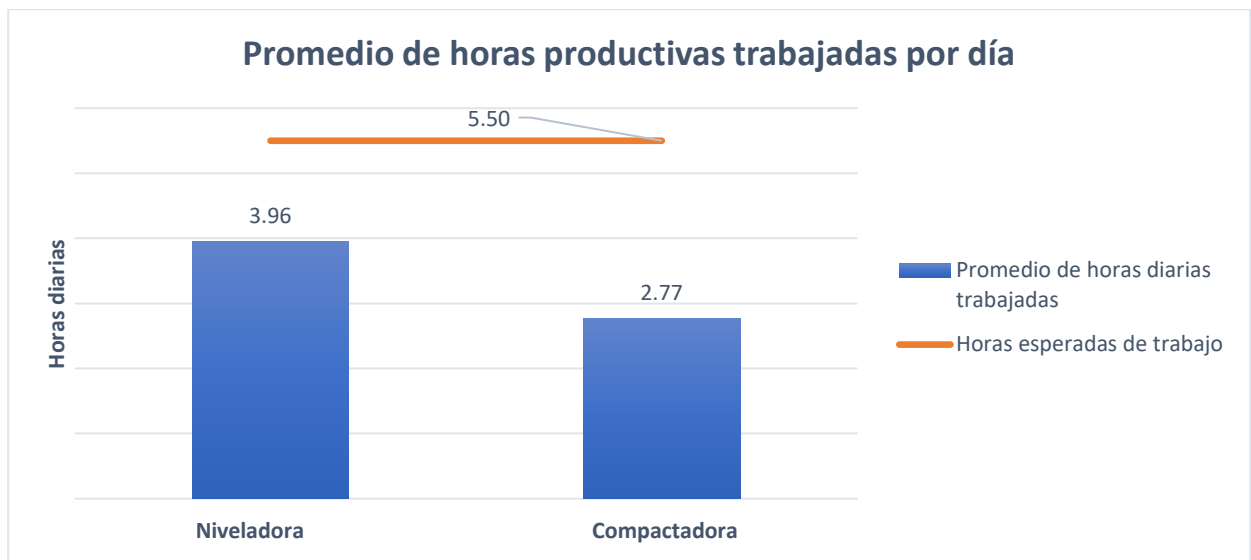


Figura 53. Promedio de las horas trabajadas totales por la maquinaria contra lo esperado.
Fuente: elaboración propia.

Comparación de rendimientos

Finalmente, el cuadro 26 muestra los rendimientos reales y teóricos encontrados, así como la diferencia porcentual y el porcentaje del rendimiento teórico alcanzado.

CUADRO 26. RENDIMIENTOS REALES Y TEÓRICOS DE LA MAQUINARIA					
	ID Proyecto	Rendimiento real (km/día)	Rendimiento teórico (km/día)	Diferencia porcentual	Porcentaje del rendimiento teórico alcanzado
Compactadora CAT CS 533E	1	1.258	1.313	4.2%	95.8%
	2	0.766	1.313	41.7%	58.3%
	3	0.714	1.313	45.7%	54.3%
	4	0.377	1.313	71.3%	28.7%
	5	0.525	1.313	60.0%	40.0%
	Promedio	0.728	1.313	44.6%	55.4%
Niveladora CAT 140 M	1	0.485	0.567	14.4%	85.6%
	2	0.387	0.567	31.6%	68.4%
	3	0.374	0.567	33.9%	66.1%
	4	0.308	0.567	45.7%	54.3%
	5	0.405	0.567	28.6%	71.4%
	Promedio	0.392	0.567	30.8%	69.2%
	Promedio total	0.560	0.940		

En la figura 54, se observa la comparativa final del rendimiento obtenido real contra el rendimiento

teórico para la compactadora en cada proyecto en estudio.

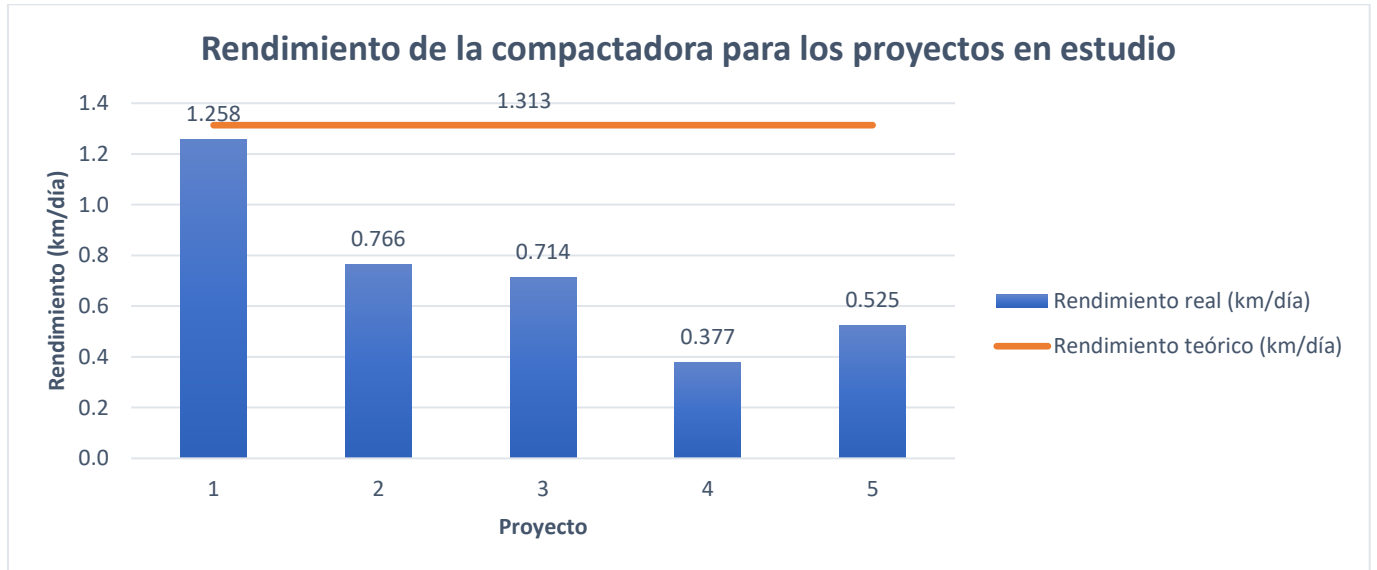


Figura 54. Comparativa de rendimientos para la compactadora en los cinco proyectos.
Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se aprecia en la figura 55 la comparativa final del rendimiento obtenido real

contra el rendimiento teórico para la niveladora en cada proyecto en estudio.



Figura 55. Comparativa de rendimientos para la niveladora en los cinco proyectos.
Fuente: elaboración propia.

Por último, se obtiene el resultado final de rendimiento real estimado para cada máquina contra su producción teórica esperada. Dichos datos están en kilómetros trabajados por día. En la figura 56 se aprecian los resultados.

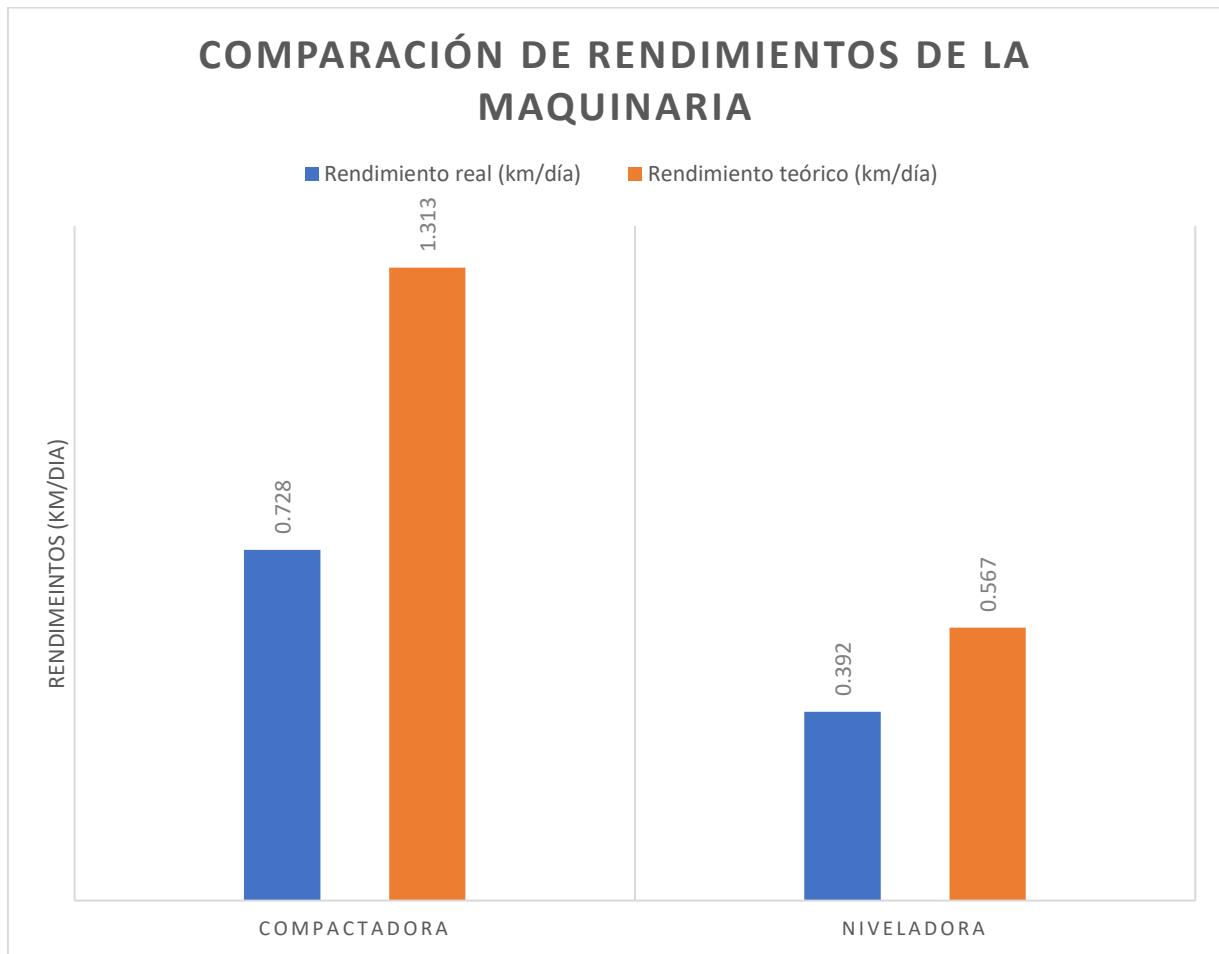


Figura 56. Comparativa rendimientos reales promedio contra los rendimientos teóricos
Fuente: elaboración propia.

Factores que afectan el rendimiento y la productividad de la maquinaria

Se determinaron las causas que, de acuerdo con los resultados anteriores, provocan bajos rendimientos, reflejado como rendimiento real menor al teórico o esperado, para la reconfiguración de caminos no pavimentados, así como las principales causas que afectaron la productividad en los proyectos. Esto mediante observación directa, consultas a juicio de expertos (los dos ingenieros de la UTGVM) y un cuestionario aplicado a los trabajadores de la Unidad. Esto se ve reflejado en los siguientes puntos y esquematizado en el diagrama de Ishikawa de la figura 63.

- Empleo de maquinaria no adecuada: se considera importante resaltar que la maquinaria que actualmente se utiliza no es la adecuada para todos los proyectos. Se destaca el hecho de que la compactadora vibratoria lisa se emplea para todos los caminos, sin importar características del terreno, por ser la única unidad que hay, lo cual provoca que, si existe un suelo arcilloso y las condiciones de humedad son altas, no se pueda llevar a cabo la compactación adecuada. Tal como se evidencia en la figura 57, donde se tuvo que detener la maquinaria, en ocasiones hasta por una hora, esperando que se secase el suelo para poder compactar. En suelos arcillosos o cohesivos, la teoría recomienda el empleo de compactadores de tipo pata de cabra, pistón, neumáticos o combinados. Al no existir trabajabilidad en los suelos, por el tipo de maquinaria empleada, se debe en muchas ocasiones que esperar hasta que se logren mejores condiciones en el terreno para poder compactar, estas esperas afectan la productividad en los proyectos.



Figura 57. Problemas de compactación.
Fuente: fotografía capturada por el autor.

- Falta de maquinaria para realizar tareas específicas: existen tareas que la niveladora y el compactador actual no pueden ejecutar porque no están hechos para ese fin. Por ejemplo, la niveladora no puede mover rocas grandes enterradas que obstruyen cunetas para encausamiento del agua (Ver figura 58) o tampoco es la adecuada para realizar “salidas de agua” o sistemas de drenaje en estos tipos de camino (Ver figuras 59 y 60). Para ambos casos, lo adecuado sería emplear un *backhoe*, ya que, con la cuchara que posee, el trabajo se hace rápido y mejor, de acuerdo con los mismos operarios.



Figura 58. Presencia de rocas enterradas que la niveladora no pudo mover.

Fuente: fotografía capturada por el autor.



Figura 59. Niveladora realizando salida de agua con cuchilla.

Fuente: fotografía capturada por el autor.

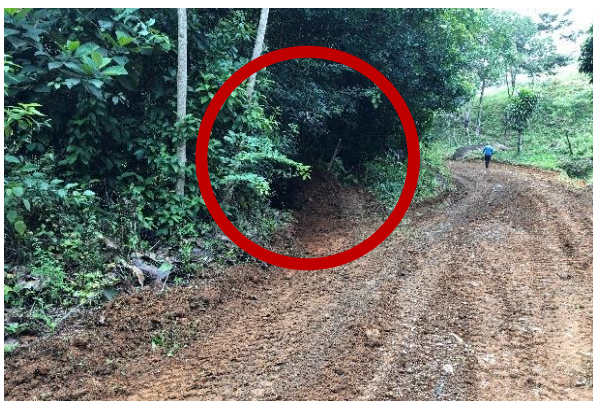


Figura 60. Salida de agua hecha con niveladora.

Fuente: fotografía capturada por el autor.

- Pocas unidades de maquinarias existentes: otra causante es la existencia de pocas unidades de trabajo. Existen tres vagonetas, de las cuales hubo proyectos donde solo una trabajaba, ya que de las otras una estaba varada y la otra estaba en mantenimiento en San José. Esto provocó esperas de hasta una hora y media en proyectos como los de Volcancito de Térraba, dado que la fuente de material de tajo quedaba relativamente lejos del sitio de trabajo. Además, es muy vulnerable y arriesgado contar con solo una niveladora y una compactadora, pues provoca que, si alguna de estas dos se daña, se detiene el proyecto y consecuentemente los que siguen también.

Esto se evidenció en el año 2018, cuando la compactadora se varó por 5 meses y esto provocó que todos los proyectos se detuvieran y para inicios del 2019, la lista de proyectos pendientes aumentara, de acuerdo con el ingeniero de la UTGVM Álvaro Murillo.

- Mantenimiento mecánico no programado: el mantenimiento que se da no es programado, es decir, no existe un plan de mantenimiento, esto es grave, ya que incluso en medio de la ejecución de proyectos *in situ*, se les da mantenimiento, lo cual provoca atrasos para el resto de la maquinaria y para el proyecto. El mantenimiento mecánico debería realizarse cuando no afecte el frente de trabajo, sino solo la máquina, de manera que se programe, por ejemplo, antes de la jornada de trabajo o los sábados que no trabaja la maquinaria.

En la figura 61 se observa el mantenimiento que se le daba a la niveladora durante la jornada de trabajo en un proyecto.



Figura 61. Mantenimiento de maquinaria en jornada laboral.

Fuente: fotografía capturada por el autor.

- Condiciones externas y ambientales: Buenos Aires está rodeada de montañas y cordilleras como la de Talamanca, en la temporada lluviosa (junio-noviembre) es azotada por fuertes lluvias que ocasionan incluso desbordamiento de ríos importantes, además, por estar en un valle, gran parte del territorio presenta temperaturas altas durante el día, lo que lo convierte en un lugar caliente, húmedos y con presencia de inviernos fuertes. Además, existen muchos tipos de suelo, pero principalmente destacan los suelos arcillosos y cohesivos, estos en verano son polvorientos y agrietados, lo que facilita la pérdida de material granular en los caminos y en los inviernos son en su mayoría terrenos lodosos y poco trabajables (Ver figura 62).

La afectación en este sentido se debe al cansancio que va a ocasionar en los operarios estas condiciones climáticas y del terreno, ya que llega más rápido el cansancio o la fatiga presentada en los mismos, e incluso se llega a detener todo el trabajo si se presentan lluvias fuertes que impiden reconformar por exceso de humedad en el suelo o por poca trabajabilidad de este. El detenimiento de la maquinaria y el tiempo perdido es el que ocasiona la afectación negativa en los rendimientos.

Otra condición externa que afecta el rendimiento es por la espera de material de lastre en proyectos, donde por la lejanía del quebrador al sitio y por las pocas vagonetas (1) laborando al momento, existían esperas y detenimiento del resto de la cuadrilla de trabajo por hasta 1 hora, provocando atrasos importantes y afectación en la productividad del proyecto.



Figura 62. Condiciones externas repercuten trabajabilidad en los proyectos.

Fuente: fotografía capturada por el autor.

- Problemas administrativos, de inspección y motivación de mano de obra: otro factor de causa de bajos rendimientos viene desde la parte administrativa, existe poco control del trabajo en campo, si bien existe una programación de proyectos, no existe un fiscal, profesional o ingeniero *in situ* que fiscalice la labor del frente de trabajo, de manera que no existe un control real y confiable de las horas trabajadas. Existe un problema de motivación por parte de la mano de obra, no existen deseos de trabajar horas extras por un problema administrativo ajeno a la UTGVM, de pago por parte de la Municipalidad, ya que estas horas se las pagan con atrasos de hasta dos meses.

Tampoco existe ningún sistema de beneficios por trabajos hechos en corto plazo o de buena calidad, por lo que es indiferente la calidad y duración de estos para los operadores, lo que afecta la productividad en los proyectos. Existe una gestión de proyectos, pero es pobre, se debe reforzar, mejorar y planificar mejor los proyectos de mantenimiento vial, realizando mejor inspección en sitio, coordinando mejor la entrega de material, entre otros. También existe una alta rotación de los inspectores, por lo que constantemente se debe capacitar los nuevos inspectores e introducirlos por un proceso de adaptación y enseñanza del sistema de trabajo.

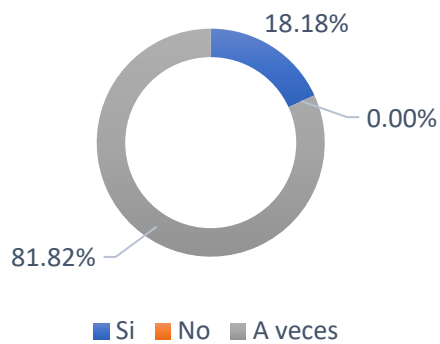
Otro aspecto administrativo que afecta la productividad es con respecto al cumplimiento de lo planificado, es decir, el cronograma de trabajo. La UTGVM cuenta con un programa de trabajo, que generalmente es anual, donde se planifica los proyectos a intervenir, el presupuesto planificado, los kilómetros del proyecto, la maquinaria involucrada, si necesita de material de lastre o no, y el orden en que se van a ejecutar. El problema yace en el no cumplimiento de este programa, ya que según el ingeniero Murillo de la UTGVM, es a último momento cuando se está en la ejecución de proyectos, que por decisiones administrativas superiores a lo que puede decidir la UTGVM, se pasa a nuevos proyectos que no estaban en el orden planificado, generalmente por razones de intervención de una comunidad o políticas. Esto provoca crear una nueva logística para mover la maquinaria, lo que repercute en tiempo y esto en afectación de rendimientos.

Cuestionario para determinar causas que afectan la productividad

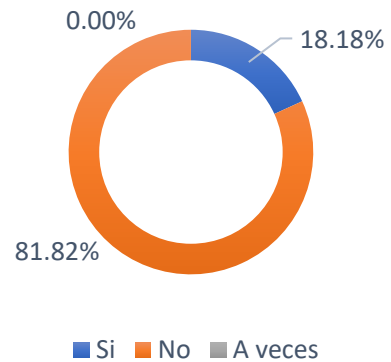
Con el objetivo de conocer la opinión de terceros acerca de los factores que están afectando los resultados en los proyectos, se realizó un cuestionario para determinar las causas de baja productividad. El cuestionario fue aplicado a 11

operadores y ayudantes de maquinaria de la UTGVM de manera anónima para evitar el sentimiento de presión al momento de dar las respuestas. A continuación, se presentan los resultados.

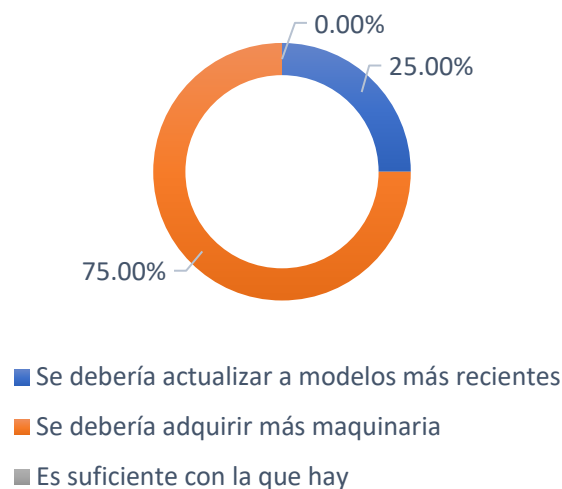
Pregunta 1. ¿Considera que la maquinaria empleada es la adecuada para los proyectos que lleva a cabo la Municipalidad?



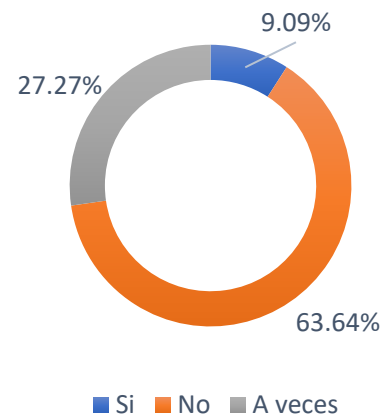
Pregunta 3. ¿Considera usted que el tamaño de la cuadrilla es el adecuado?



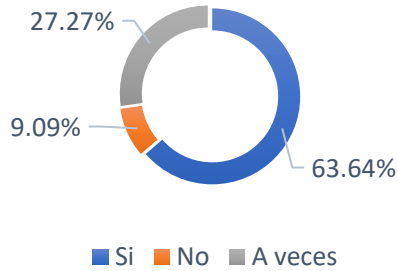
Pregunta 2. Con respecto a la maquinaria, considera que:



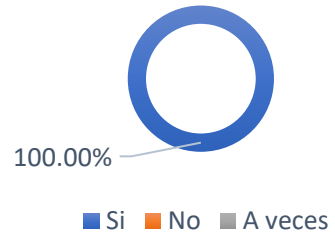
Pregunta 4. ¿Es el mantenimiento de la maquinaria adecuado y programado?



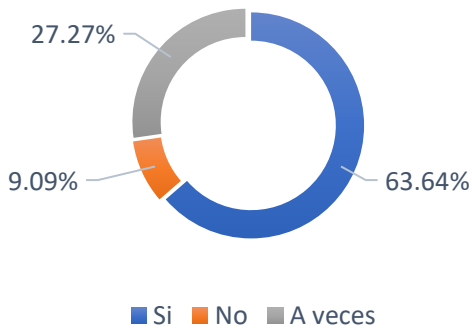
Pregunta 5. ¿Recibe instrucciones claras por parte de sus supervisores/jefes/superiores?



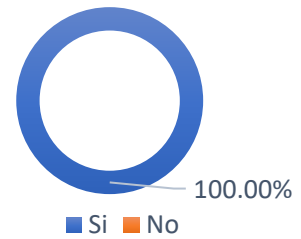
Pregunta 8. ¿Considera que las condiciones climáticas (lluvias, soleadas) afectan el rendimiento en los proyectos?



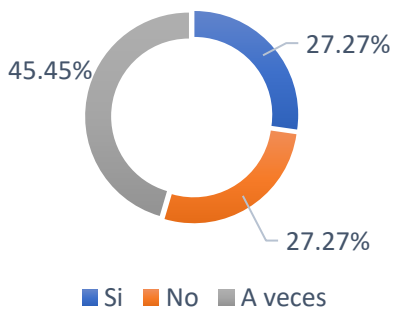
Pregunta 6. ¿Tiene claro lo que debe realizar en los proyectos?



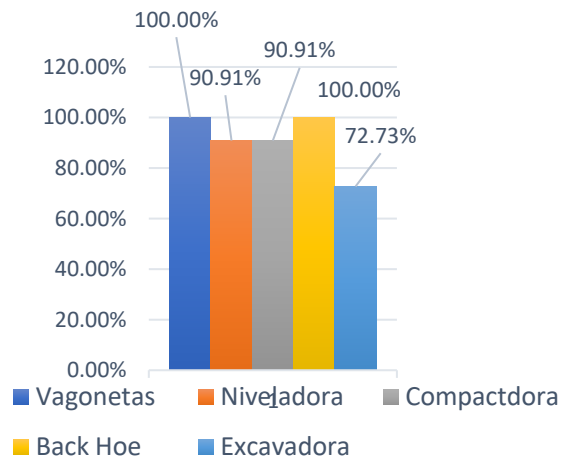
Pregunta 9. ¿Considera oportuno u óptimo añadir más maquinaria al frente de trabajo?



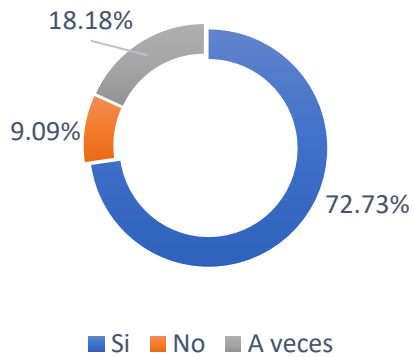
Pregunta 7. ¿Considera que la logística o forma de desarrollar los proyectos es la adecuada?



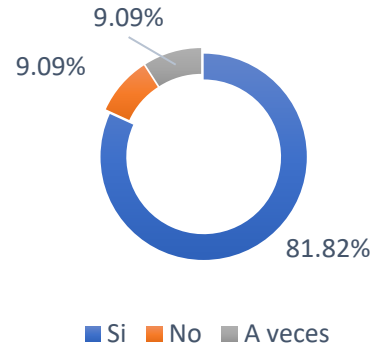
Pregunta 9.1. Si consideró que sí, especifique que maquinaria:



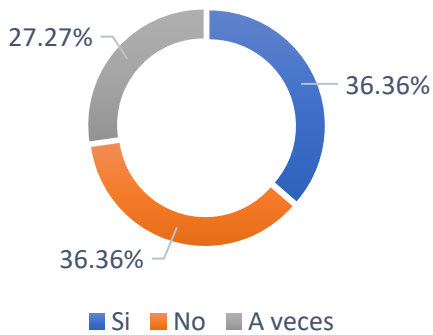
Pregunta 10. ¿Está cómodo con el ambiente de trabajo dentro de la cuadrilla/frente de trabajo?



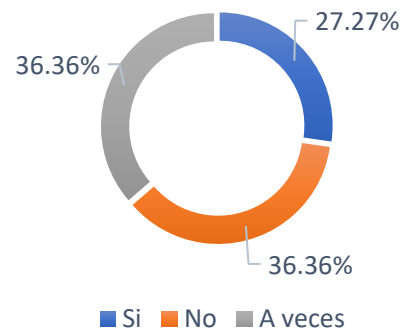
Pregunta 12. Considera que faltan herramientas o materiales para realizar los proyectos de reconformación de caminos?



Pregunta 11. ¿El equipo, materiales y herramientas están a tiempo en la obra para ser utilizados cuando sea necesario?



Pregunta 13. ¿Siente que su trabajo es valorado o reconocido?



Pregunta 14. ¿Es tomado en cuenta a la hora de aportar ideas o de proponer posibles soluciones?

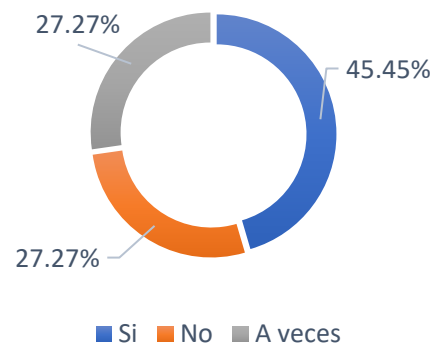


Diagrama de Ishikawa

Con los resultados previamente obtenidos del cuestionario, consultas realizadas a los ingenieros encargados, lo observado directamente y lo comentado por los mismos operarios y trabajadores de la UTGVM durante las visitas a campo, se

determinaron las causas de bajo rendimiento. Para un mejor entendimiento de estas, se representan con un diagrama de Ishikawa (Ver figura 63).

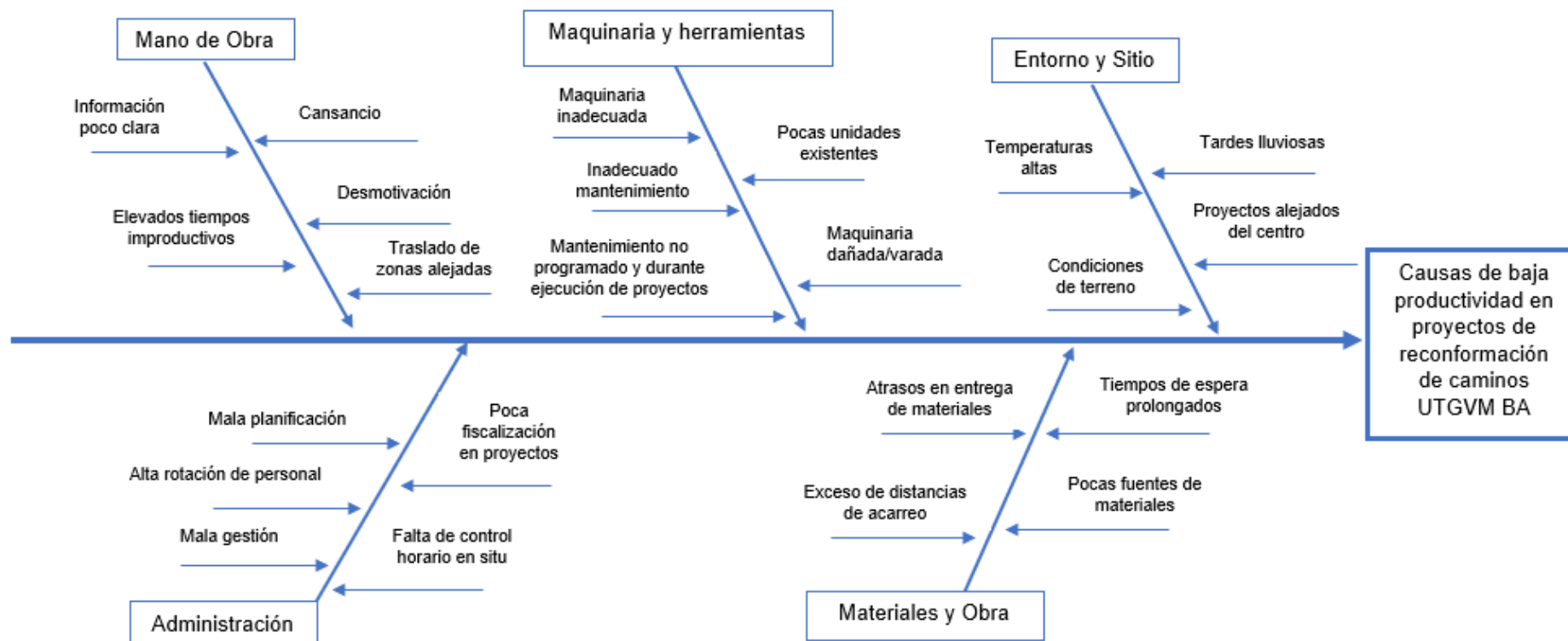


Figura 63. Diagrama de Ishikawa sobre causas de inproductividad.
Fuente: elaboración propia.

Propuesta de mejora

Se elabora una propuesta de mejora basada en los problemas encontrados que provocan bajos rendimientos de la maquinaria en los proyectos de la UTGVM. En el cuadro 27 se

describe la propuesta diseñada para atacar estas causas de bajo rendimiento, de acuerdo con la causa encontrada.

CUADRO 27. PROPUESTA DE MEJORA DE RENDIMIENTOS		
Causa (factor encontrado)	Sub causas	Propuesta de mejora y razones
Maquinaria y herramientas	Maquinaria inadecuada	<ul style="list-style-type: none"> • Adquirir una compactadora de tipo pata de cabra, principalmente porque en Buenos Aires muchos de los proyectos atendidos tienen suelos arcillosos cohesivos y el rodillo vibratorio liso que posee la municipalidad no es el adecuado para compactar en este tipo de terrenos. • Incluir, mientras sea económicamente factible, otro frente de trabajo: niveladora modelo igual o parecida a la actual, compactadora vibratoria y al menos dos vagonetas más, de manera que no se dependa del único frente existente para atender los proyectos, lo cual provoca que si alguna máquina actual se daña, pararía en consecuencia todos los proyectos municipales. • Tener los dos frentes trabajando al mismo tiempo en proyectos distintos para avanzar más rápido con los proyectos pendientes. • Incluir dentro de la cuadrilla o frente de trabajo un <i>backhoe</i> que pueda realizar trabajos de limpieza y salidas de aguas, retiro de piedras que obstruyan cunetas o caminos, entre otras actividades que ni la niveladora ni compactadora pueden realizar por su naturaleza o que implica mayores atrasos por su realización. • Si no se pudiera incluir otro frente de trabajo, añadir al menos dos vagonetas más para que se satisfaga la demanda de acarreo de material al sitio de trabajo. Y que al momento de trabajo, al menos tres en total estén en operación, de manera que no se afecte por espera de material al resto de la cuadrilla de trabajo. • Establecer un mantenimiento preventivo, programado y controlado, de manera que no se afecte el tiempo laboral efectivo en todo el frente de trabajo.
	Pocas unidades existentes	
	Mantenimiento no programado	
	Ausencia de equipos necesarios	
	Maquinaria dañada	

Administración	Mala planificación	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar el sistema de administración de operaciones de la maquinaria mediante un mayor control de trabajo en el sitio por parte de profesionales a cargo, mejor planificación de proyectos y apegarse al cronograma de trabajo en el programa, de manera que no se salten proyectos ni se demore más de lo programado. • Realizar planes semanales de trabajo, que incluyan el cronograma de los proyectos, maquinaria por utilizar, recurso humano, uso o no de material de lastre y programación de la obra por kilómetro y por tiempo. • Por parte de encargados o supervisores, verificar que los trabajos se hagan de la mejor manera, garantizando su calidad y evitando retrabajos. • Implementar la metodología de LEAN construction como una herramienta de proyecto a largo plazo, siempre que sea posible, para aumentar los rendimientos de la maquinaria en proyectos viales. Con esta filosofía se pretende eliminar todos aquellos que produzcan pérdidas en la ejecución de las actividades, al mismo tiempo que crea buenos sistemas, los cuales permiten optimizar, reducir o eliminar los flujos para mejorar tiempos de trabajo. • Aumentar las supervisiones por parte de la UTGVM en el sitio de trabajo por medio de fiscalizadores o inspectores, que se implemente al menos una revisión diaria a lo realizado por el frente de trabajo, respaldando en bitácora lo realizado, kilómetros o distancia intervenida, duración de trabajo, maquinaria que trabajó, entre otra información de fiscalización. • Empoderar operadores para que sean líderes del frente de trabajo y así estos tengan la responsabilidad de contar con una supervisión adecuada del trabajo en busca de la calidad en los proyectos. • Mejorar el sistema de pago de horas extras y recursos humanos (RH) en la municipalidad y la UTGVM específicamente. Implementar una oficina de RH capaz de administrar adecuadamente y a tiempo, según disposiciones legales, el recurso humano, de manera que no existan problemas de retrasos en pagos de salarios, sean ordinarios o extraordinarios.
	Mala gestión	
	Falta de control en situ	
	Poca fiscalización	
Mano de obra	Información poco clara	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar un sistema de bonificación a los operadores de maquinaria, el cual inculque motivación de trabajo. Puede ser un sistema de puntos en el cual, por realizar avances diarios alcanzando una meta establecida en kilómetros, se dé una premiación al acumular cierta cantidad de puntos. • Dar instrucciones claras y específicas de manera que cada trabajador u operador de equipo sepa claramente lo que debe hacer. • Realizar reuniones cortas de 10 a 15 minutos antes de iniciar las labores diarias para recapitular lo que se debe realizar, de manera que quede claro el trabajo que se realizará y al final realizar preguntas a los operadores para verificar que entendieron las asignaciones.
	Cansancio	
	Desmotivación	
	Elevados tiempos improductivos	

	Traslados de zonas alejadas	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar mediante incentivos el involucramiento de los trabajadores con el proyecto, para que estén a gusto con lo que hacen y tengan deseo de permanencia en la UTGVM. • Evitar la rotación en los integrantes de cuadrillas. Mantener un equilibrio entre la experiencia de los integrantes de cuadrillas. • Cambiar el método de pago de los operarios de hora trabajada a metro lineal trabajado, con el fin de mejorar los rendimientos, reduciendo tiempos muertos y poder abarcar la mayoría de los proyectos que están en cronograma y en espera.
Entorno y sitio	Temperaturas altas	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar los proyectos de más difícil acceso de primero en temporada de verano y los de más fácil acceso o céntricos a la ciudad de Buenos Aires, en el resto del año. Con el fin de evitar tiempos muertos por temporada lluviosa. Además que los caminos alejados son casi todos de lastre, por lo que en verano sería la mejor temporada para intervenirlos. • Realizar un replanteo en el cronograma de actividades, de manera que las actividades más críticas y realizadas externamente tengan prioridad durante horas de la mañana. • Mediante el estudio semanal de las actividades por realizar; plantar pequeñas modificaciones en el sitio y garantizar que el equipo y materiales se encuentren cerca de las zonas laborales. • Procurar incorporar sistemas de ventilación dentro de las cabinas de la maquinaria, de manera que el ambiente caluroso se pueda controlar por el operador. • Procurar realizar la mayor cantidad de trabajo en horas de la mañana para prever posibles tardes lluviosas, en temporada de invierno. • Contar con la permanencia de un trabajador de limpieza por frente de trabajo para prever atrasos por limpieza de vegetación o ramas en los caminos. • Procurar la presencia de bloqueador solar para evitar problemas por la insolación.
	Tardes lluviosas	
	Proyectos alejados del centro	
	Condiciones de terreno difíciles	
Materiales y obra	Atrasos en entrega de materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir el cargador que posee la UTGVM en los proyectos de reconformación de caminos que requieran la incorporación de material granular, de manera que este se utilice para acarrear material stockeado por las vagonetas y que de esta forma no se pierda tiempo por traslados. • Si se cuenta con el material cercano a las zonas laborales y se mantiene ordenado y en <i>stock</i>, se disminuye el tiempo de espera por parte de la niveladora y compactadora para reconformar caminos, debido a esperas por las vagonetas con el material. • Hacer cumplir los tiempos de entrega solicitados a la hora de los pedidos, de manera que se eviten esperas por atrasos en llegadas de material. • Procurar mantener un flujo constante en el transporte de material en vagoneta cuando se requiera, de manera que se garantice un trabajo continuo del frente de trabajo en el sitio.
	Largos tiempos de espera	
	Pocas fuentes de materiales	
	Exceso de distancias de acarreo de material	

Fuente: elaboración propia.

Análisis de los resultados

Maquinaria municipal

El primer objetivo expone la caracterización del equipo de trabajo que posee la Municipalidad, el cual, como se evidenció en los resultados, constituye un único equipo de trabajo con pocas unidades para una gran cantidad de proyectos que se debe atender. Este frente realiza trabajos de proyectos municipales, principalmente, bajo la modalidad administración. El hecho de tener un equipo que consta de solo una niveladora y una compactadora (además de las vagonetas cuando los proyectos requieran material de balasto o lastre) hace vulnerable la ejecución de proyectos de mantenimiento que realiza la Municipalidad, puesto que, si un equipo de estos se daña o por alguna razón no pudiese trabajar, detendría toda la cuadrilla, pues no se puede avanzar con el proyecto y esto atrasa en cadena el resto de los proyectos en el cronograma.

Existe un *backhoe* (retroexcavadora) y un cargador frontal que posee la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM), pero estos la mayor parte del año se encuentran en el plantel municipal realizando labores de limpieza y movimiento de objetos, no en los proyectos de mantenimiento vial que debe atender la UTGVM, por la naturaleza teórica de las actividades que se requieren hacer en los proyectos.

La niveladora es la adecuada para los proyectos, posee un escarificador, el cual es necesario para rasgar y suavizar caminos previamente y la hoja niveladora o cuchilla que es de 3.70 metros de largo, lo cual es suficiente para abarcar el ancho típico de los caminos por los que debe transitar y trabajar, que rondan entre 5 a 7 metros de ancho. En este caso, se trata de una Caterpillar M140 modelo 2008, que es adecuada para las actividades que deben realizar, según el

fabricante CAT, las cuales son escarificado, raspado de terreno, mezcla del terreno ripiado, nivelado de carriles y cuneteado de caminos. Posee una cabina con aire acondicionado y no presenta problemas importantes de mantenimiento, no es una máquina que dé problemas de paro de labores por inconvenientes mecánicos, según los mismos operadores.

La compactadora es Caterpillar CS533E modelo 2008, se trata de un rodillo vibratorio liso al frente, de 2.13 metros de ancho y de llantas de hule (con agua contenida para mayor tracción al suelo) en la parte trasera de la máquina. La compactadora no posee una cabina cerrada, por lo que el operador está más expuesto a la intemperie como sol fuerte, lluvia o vientos fuertes, a pesar del techo que posee la máquina.

En el caso de la compactadora, esta sí ha presentado grandes problemas mecánicos que han detenido proyectos, el principal se dio en el 2018, cuando estuvo varada por casi cinco meses debido a problemas mecánicos. No obstante, en el periodo de toma de datos de este proyecto de graduación, no hubo problemas de este tipo, por lo que siempre trabajó. Con respecto al rodillo, se debe mencionar que en los proyectos viales muchas veces se presentan suelos arcillosos y con poco contenido de material granular que se deben compactar. Esto es un factor importante, pues no es el tipo de rodillo adecuado para suelos arcillosos o limosos, ya que no se puede trabajar porque el suelo se queda adherido al rodillo y no se compacta adecuadamente.

Existen tres vagonetas que se utilizan para el acarreo de materiales desde el quebrador al sitio de trabajo. Pero las cuales constantemente tienen problemas mecánicos y, por lo general, una o dos vagonetas están varadas por problemas mecánicos.

La maquinaria está dirigida por la UTGVM, la cual de por sí es un departamento pequeño que debe atender proyectos permanentemente durante el año e incluso proyectos pendientes de años anteriores. En la unidad existe un ingeniero director del departamento y un ingeniero que, entre otras labores, lleva el control de los proyectos viales y la maquinaria en cuestión. Existen cuatro inspectores en la unidad, pero estos están constantemente en rotación y, por lo general, no están suficientemente preparados para atender labores de inspección municipal, por lo que se les debe brindar capacitación previa.

Los proyectos por atender están programados previamente, de forma anual y calendarizada, donde se estima el tiempo de ejecución, los recursos humanos y de equipo que se requieren, el presupuesto inicial, la duración de este, entre otra información. Pero no siempre se lleva un cumplimiento de este cronograma y programa de trabajo por decisiones superiores del departamento.

Reconformación de Superficies Pavimentadas de no

Como parte del inicio del presente proyecto, se buscó información importante que repercutiera directa o indirectamente con los resultados obtenidos. Por ello se investigó sobre el quehacer y funcionamiento de la maquinaria de la UTGVM.

En este municipio, la maquinaria se emplea para realizar principalmente trabajos normados por la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), específicamente la actividad bajo el código nro. RUT-006 del Manual de Normas y Procedimientos de Ejecución para Mantenimiento Vial (Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2000). Tal como se observa en el diagrama de flujo de la figura 41, el proceso es de una serie de pasos que no implica gran dificultad de entendimiento para su realización.

Primeramente, la colocación de señales y dispositivos de seguridad; luego, la verificación del estado de las cunetas donde, si se encuentran en mal estado o con exceso de maleza, se debe ejecutar la actividad RUT-011 “Limpieza y reconformación de cunetas con motoniveladora” (Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2000), de lo contrario, se procede a escarificar la superficie hasta 15 cm de profundidad, se mezcla y conforma el material, se raspa y arrastra el sedimento desde el fondo de la cuneta hacia el hombro con la niveladora. Una vez que la niveladora terminó su trabajo de raspado, mezclado y nivelado, se procede a que el compactador vibratorio pase a realizar la compactación a todo el ancho del camino, el número de pasadas dependerá del tipo de terreno y a criterio del ingeniero o profesional. Finalmente, se retiran las señales y dispositivos de seguridad y se permite el flujo de tránsito vehicular o peatonal.

En los proyectos que la UTGVM realiza, se busca cumplir la reconformación de caminos bajo lo normado anteriormente, de acuerdo con los pasos que establece. Se debe añadir que este proceso normalmente no involucra agregarle material granular al camino, puesto que se supone que, cuando se creó, se le añadió o porque aún existe material granular, pero puede ocurrir que existan caminos donde, debido a factores como la lluvia o el tránsito, han ocasionado la pérdida del material. En este caso y con criterio previo a la ejecución, se decide añadirle material de lastre generalmente desde un quebrador.

En la figura 42, se observa un proyecto donde no se necesitó material de lastre, por lo que solo intervino la niveladora y la compactadora, mientras que en la figura 43 se observa el proyecto de Volcancito de Térraba, donde se necesitó disponer de material de lastre para realizar la conformación, debido a que existía en su mayoría un suelo cohesivo. En este caso, además de la niveladora y la compactadora, se dispuso de las vagonetas para el acarreo del material.

Rendimientos, productividades y costos

Para esta sección, se tomó como muestra a cinco proyectos que desarrolló la UTGVM de la municipalidad. Estos van desde el 1ero de abril al 27 de junio del año 2019. En todos los proyectos se realizó reconformación de superficies no pavimentadas, como se mencionó previamente. Como se observa en la figura 44, se estima con los datos recopilados que el rendimiento real del conjunto de trabajo para los proyectos viales es de 0.560 kilómetros por día, lo cual es un número relativamente bajo. La SIECA estima en el Manual de Procedimientos de Mantenimiento de Caminos Viales que la producción promedio por día para la reconformación de caminos no pavimentados debería ser de 1.5 kilómetros por día. Esto quiere decir que solo se está trabajando un tercio de lo que se debería trabajar.

Con respecto al porcentaje de avance de la obra por día, se determinó que es de un 17.2% en promedio, tal como se describe en el cuadro 22. Se determinó el costo por kilómetro intervenido, el cual se obtuvo por medio del presupuesto final ejecutado en el proyecto, información proporcionada por la UTGVM. En este caso, se obtuvo que en promedio el costo por kilómetro es de ₡3,285,275, para la actividad de reconformación de superficies no pavimentadas. Este costo incluye todos los gastos de operación de la máquina, mas no los gastos de salarios, pues esto se maneja desde el área de recursos humanos. En la figura 47 se observa el total de horas trabajadas por proyecto, tanto para la niveladora como la compactadora. Para todos los proyectos se observa que la niveladora siempre trabaja ligeramente más horas que la compactadora.

En los cuadros 17, 18, 19, 20 y 21 se expone un resumen por proyecto, tanto para la niveladora como para la compactadora, de las horas totales reales productivas intervenidas por proyecto, el promedio de horas trabajadas por día, la longitud intervenida, los rendimientos reales estimados según los datos obtenidos y los rendimientos teóricos calculados.

En los cuadros 23 y 24 se observa el resumen de los rendimientos para cada equipo por separado. Este incluye además el avance diario como los kilómetros reconformados entre el total de días que duró, y no se debe confundir con el rendimiento real que es el total de las horas trabajadas netas del proyecto entre los kilómetros intervenidos. Se determina los porcentajes de trabajo productivo y contributivo no productivo, para la niveladora como la compactadora. En la figura 50 se observa gráficamente que la niveladora presenta un 72 % de trabajo productivo y un 28% de trabajo contributivo y no productivo. De acuerdo con el SIECA (2004) el trabajo productivo en la reconformación de caminos para la niveladora debería ser de un 80% por lo que se está relativamente cerca de lo esperado de trabajo productivo, pero aún por debajo. Por su parte en la figura 51 se observa que la compactadora posee un 50.4% de trabajo productivo y un 49.6% de trabajo contributivo y no productivo. Para la compactadora se estima según SIECA que el trabajo productivo para esta actividad debería ser de un 35%, por lo que si se llega a lo esperado.

En las figuras 48 y 49 se observan los niveles de trabajo productivo para cada máquina en cada proyecto, es decir, el desglose de trabajo productivo en cada obra. Se observa que la niveladora presenta menor variabilidad de trabajo productivo entre proyectos que con respecto a la compactadora.

En el cuadro 25, se expone el promedio de horas trabajadas por día por proyecto para cada máquina. Destaca que la niveladora trabaja más tiempo que la compactadora alcanzando un 71.96% del tiempo esperado, mientras que la compactadora alcanza un 50.43% del tiempo esperado, es decir, trabaja poco más de la mitad del tiempo teórico de trabajo.

El tiempo teórico de trabajo productivo es de 5.5 horas laborales, eliminando tiempos de transporte al sitio, tiempos de almuerzo y tiempos de café o recesos. En la figura 53, se expone el promedio de horas productivas trabajadas por máquina, donde la niveladora trabaja 3.96 horas, mientras que la compactadora labora 2.77 horas por día, de las 5.5 horas esperadas de trabajo.

Comparación de rendimientos

Se llevó a cabo la comparación de los rendimientos reales estimados con los rendimientos teóricos calculados. Tal como se observa en las figuras 54 y 55, tanto la niveladora como para la compactadora están teniendo individualmente rendimientos menores que los rendimientos teóricos para todos los proyectos.

En la figura 56, se observa la representación gráfica de los rendimientos teóricos y los reales totales promedio tanto para la niveladora como la compactadora. En ambas máquinas se observa como el rendimiento real siempre es menor que el rendimiento teórico, siendo de 0.728 km/día la producción real de la compactadora y de 1.313 km/día el valor esperado de rendimiento en los proyectos de reconformación de caminos. Y para la niveladora determinando un rendimiento real de 0.392 km/día contra 0.567 km/día de la producción teórica.

En el cuadro 26, se aprecia la información desglosada comparativa entre ambos rendimientos para cada máquina pesada en cada proyecto. Se puede observar que, en promedio, la diferencia porcentual entre los rendimientos esperados contra los teóricos es de 44.6% para la compactadora y de 30.8% para la niveladora. Se aprecia que la compactadora está alcanzando apenas un 55.4% del rendimiento teórico y que la niveladora está alcanzando un 69.2% del rendimiento teórico esperado.

Se observa, además, que el proyecto 1 (cruce San Rafael a Llano Bonito, de 2.25 km) es el que más se acercó a los valores teóricos, por lo que es el de mejor rendimiento. Se cuenta con una diferencia porcentual de apenas 4.2% en el caso de la compactadora y de 14.4% para la niveladora con respecto a los valores teóricos.

Cabe resaltar que la compactadora presenta más variabilidad en los rendimientos entre los proyectos, mientras que la niveladora posee valores de rendimiento relativamente constantes, como se observa en el cuadro 26. Por

otro lado, se observa que el proyecto 4 (Proyecto de San Antonio - Volcancito de Térraba, de 2.6 km) es el que peor rendimiento obtuvo, tanto para la niveladora como para la compactadora. Alcanza apenas un 28.7% del rendimiento teórico en el caso de la compactadora y llega a un 54.3% del rendimiento teórico en el caso de la niveladora.

Factores que afectan el rendimiento y la productividad de la maquinaria

Una vez que se compararon los rendimientos, se pudo observar que, en efecto, la producción de trabajo es menor que la producción teórica en los proyectos. Debido a esto, se procede a investigar y encauzar las razones del porqué se dan estos bajos rendimientos.

Primero desde una posición subjetiva, según lo observado en las giras a campo, preguntas y entrevistas de operarios, trabajadores y los ingenieros, así como otros insumos teóricos, se concretan razones de bajo rendimiento (primera parte de resultados de causas de bajo rendimiento). Para ampliar el espectro de información, se aplicó un cuestionario elaborado por el autor (ver apéndice 5), con el fin de ver la opinión de los trabajadores y operadores de la UTGVM. Este cuestionario se aplicó a 11 trabajadores y operarios de maquinaria y los resultados se observan en la segunda sección de las causas de bajo rendimiento en los resultados.

Como se observa, la mayor parte concuerda en que la mayoría no es la apropiada, un 75% piensa que se debería adquirir más maquinaria y un 25% que se debería actualizar a modelos recientes. Un 81% opina que el tamaño de la cuadrilla no es el adecuado, un 64% asegura que el mantenimiento de la maquinaria no es adecuado ni programado, un 64% menciona que recibe instrucciones claras por parte de los jefes, con respecto a la logística o forma de desarrollar los proyectos un 45% opina que a veces es

adecuado, un 27% que no es el adecuado y otro 27% que sí es adecuado.

El 100% de los encuestados opina que se debe adquirir más maquinaria, ese mismo porcentaje opina que se debe adquirir más vagonetas y *backhoe*, un 90% opina que se debe adquirir otra niveladora y compactadora, y un 72% que se debe adquirir una excavadora.

Con respecto al ambiente de trabajo, un 72% dice estar a gusto, un 18% dice que lo está a veces y un 9% dice que no se encuentra cómodo en el ambiente. Con respecto a si el equipo, material o herramientas se encuentran en la obra a tiempo para ser utilizados, un 36% dice que no, otro 36% dice que sí y un 28% dice que a veces llega a tiempo. Por otro lado, un 82% de los encuestados valora que faltan herramientas o materiales para la reconfiguración de caminos.

Por último, con la pregunta sobre si sienten que el trabajo es valorado o reconocido, un 36% dice que no, otro 36% dice que a veces y solo un 27% dice que sí. Y sobre si es tomado en cuenta a la hora de aportar ideas o proponer posibles soluciones, un 45% dice ser tomado en cuenta, el resto se divide entre no ser tomado y a veces serlo.

Además, se les dio la opción de añadir alguna recomendación u observación extra al cuestionario. Sobresale que señalan la urgencia de más maquinaria para mejorar rendimientos: se menciona vagonetas, niveladoras y compactadoras, falta más motivación económica al trabajador, se necesita la presencia de un encargado de maquinaria en sitio que determine la metodología de trabajo y el control de horarios, además, mencionan que deberían brindar hieleras para los días de trabajo, los cuales son soleados fuertes en el verano.

Finalmente, con toda la información recopilada, se crea un diagrama de Ishikawa en el que se grafica las causas y subcausas de los problemas de bajo rendimiento en la maquinaria pesada en los proyectos viales de la UTGVM, tal como se observa en la figura 63. Se catalogaron cinco grandes áreas de causas, las cuales son:

-Mano de obra

- Maquinaria y herramientas
- Administración
- Materiales y obra
- Entorno y sitio de trabajo

La oficina de la UTGVM de la Municipalidad de Buenos Aires es un conjunto operacional relativamente pequeño, en espacio, trabajadores y profesionales a cargo, que deben velar por una gran cantidad de proyectos anuales y que, generalmente, no dan abasto con los mismos, por lo que manejan compromisos de proyectos pasados.

Se debe resaltar que no hay oficina de recursos humanos ni oficina de planillas en la municipalidad, por lo que el pago de horas extras es un gran problema (lo cual es desmotivación por parte de los trabajadores para trabajar en tiempo extraordinario), se da hasta que la persona encargada de salarios pueda procesar los pagos y a veces duran más de un mes en procesarlos y pagarlos. Los operarios deben trabajar en toda la semana 40 horas (ordinarias), de 6 a.m. a 3 p.m. y de 7 a.m. a 4 p.m. los personeros, ingenieros y administrativos de la UTGVM - oficinas.

Uno de los graves problemas existentes es en el área de administración y gestión de equipo de trabajo, problema que a veces viene desde niveles superiores ajenos a la Unidad (UTGVM) y que provoca indirectamente desmotivación en los trabajadores, tal como el pago de horas extras. Otro problema es la poca fiscalización en el sitio, esto consiste en que no se fiscaliza bien los tiempos de trabajo en los proyectos y, principalmente, la falta de más equipo de trabajo, otra niveladora, compactadora y más vagonetas, con el fin de atender más proyectos y dar abasto con el mantenimiento de la red vial cantonal.

Propuesta de mejora

Como producto del último objetivo, se elaboró una propuesta de mejora que consiste en una serie de recomendaciones basadas en las causas de bajo rendimiento determinado previamente. En el cuadro 27, se expuso la propuesta de mejora donde se observa que las principales áreas que necesitan acatamiento, por ser las de mayor causa de improductividad, para mejorar rendimientos, son el área de Maquinaria y herramientas, así como el área de Administración. Principalmente, destaca la adquisición de maquinaria y mejorar la administración, gestión y programación de la maquinaria, así como la mano de obra en los proyectos.

Las recomendaciones son basadas en las causas de bajo rendimiento encontradas por medio de la observación directa, entrevistas a ingenieros y el cuestionario, además de entrevistas aplicadas a trabajadores y operadores de la maquinaria y de la oficina de la UTGVM, así como lo obtenido por el diagrama de Ishikawa. Con base en esto, se realizan propuestas que buscan el atacamiento a los causantes de bajos rendimientos en los proyectos viales.

Se propusieron hojas de tomas de datos de rendimiento en campo (ver apéndices 1, 2, 3 y 4), con las cuales por observación directa se toman características del sitio, características de la maquinaria, los datos de tiempo y distancias trabajadas por cada máquina, entre otra información relevante. Se incluyó en la creación de estas hojas de tomas de datos de rendimiento al *backhoe* y el cargador pensando en una posible inclusión al equipo de trabajo para proyectos futuros en la búsqueda de mejores rendimientos. Esto se realiza como sugerencia de la propuesta de mejora, de manera que se lleve mejor control en la gestión de proyectos viales de la UTGVM y de que se cuente con una base de datos de respaldo, en caso de que en un futuro no se cuente con la licencia de NAVSAT para llevar un control de la maquinaria en tiempo real o en caso de que el programa deje de funcionar.

Se propone con respecto a la temperatura elevada disponer de hieleras y agua a la cuadrilla de trabajo para atacar factores como el cansancio por el calor.

Se sugiere adquirir, siempre que se tenga los recursos económicos por parte del municipio, más equipo de trabajo para atender los proyectos. Deseablemente, comprar otra niveladora, otra compactadora vibratoria lisa y al menos tres vagonetas más. Además, se propone adecuar el mantenimiento de la maquinaria, de manera que no se afecte el rendimiento en el sitio de trabajo. Así mismo, se sugiere adquirir una compactadora tipo pata de cabra para usarse en los proyectos donde existan suelos muy cohesivos.

Se propone disponer de mayor control horario en el sitio de trabajo. El ocio es un factor importante de bajo rendimiento, por lo que se sugiere mayor control por parte de los inspectores o ingenieros en el sitio, de manera que se busque evitar caídas de la productividad por tiempos muertos productos del ocio.

Se sugiere adquirir más vagonetas, ya que existen esperas de hasta más de una hora donde tanto la niveladora como la compactadora están paradas por espera de material de lastre por parte de la vagoneta. Esto pasa también porque existe solo uno laborando y las otras dos están varadas por problemas mecánicos, por lo que se liga acá la gestión eficaz del mantenimiento de la maquinaria, de forma preventiva para evitar estas situaciones de improductividad. También se indicó que constantemente al menos una vagoneta está varada por problemas mecánicos o por mantenimiento.

Se recomienda planificar los proyectos adecuadamente, de manera que se atiendan por zonas del cantón, disminuyendo tiempos de traslados tanto de la maquinaria entre los proyectos como de los trabajadores al sitio. Y se recomienda apegarse al cronograma propuesto, con el fin de que no se salten proyectos repentinamente y se pierda control de estos. Esto para evitar caídas en la productividad por cambios repentinos desde la administración.

Conclusiones

- La maquinaria municipal consta de un único equipo de trabajo, que incluye una niveladora CAT 140M, una compactadora CAT CS 533E, tres vagonetas Mack Granite, un cargador de ruedas CAT 928G y una retroexcavadora John Deere 310 SJ, lo cual es insuficiente para tratar la gran cantidad de proyectos anuales del Municipio.
- La Municipalidad atiende un cantón que presenta una Red Vial Cantonal (RVC) de 1442.49 km, de la cual un 99.02% es de lastre o tierra y donde un 20% de toda la RVC se encuentra en estado “bueno”, un 24% en estado “regular” y un 56% en estado “malo”.
- La investigación determinó que la actividad principal que realiza la Municipalidad para los proyectos realizados es de reconformación de superficies no pavimentadas, bajo el código RUT-006, de acuerdo con los lineamientos del SIECA, bajo la modalidad de administración.
- Se realizó un estudio de rendimiento de maquinaria municipal para cinco proyectos que van del 01 de abril al 27 de junio del 2019, un total de 2.9 meses. La longitud intervenida corresponde a un total de 7.8 km y en promedio se trabajó 7.2 días por proyecto.
- Se determinó que el trabajo productivo de la maquinaria de la Municipalidad es de un 50.4% para la compactadora y de un 72.0% para la niveladora.
- El rendimiento conjunto de la maquinaria municipal es de 0.560 km/día bajo la actividad de reconformación de superficies no pavimentadas, el cual es inferior al rendimiento esperado teórico que es de 0.940 km/día.
- El porcentaje de avance de la obra por día en los proyectos es en promedio de 17.19%, lo cual es relativamente poco para atender tantos caminos en el año.
- El rendimiento de la compactadora es de 0.728 km/día, el cual es menor al valor teórico del rendimiento que es de 1.313 km/día. Por otro lado, el rendimiento de la niveladora es de 0.392 km/día, el cual también es menor al valor teórico que es de 0.567 km/día.
- El costo promedio por kilómetro de reconformación de caminos (superficies no pavimentadas) es de aproximadamente ₡3,285,275, el cual no contempla salarios ni cargas sociales de los operadores.
- Existe una sobrestimación de costos entre el presupuesto inicial y el presupuesto ejecutado o gastado, evidenciada en todos los proyectos, siendo inclusive en algunas obras del doble de lo que finalmente se ejecutó del presupuesto.
- El promedio de horas productivas diarias trabajadas por la maquinaria es de 3.96 horas para la niveladora y de 2.77 para la compactadora, inferior a lo que debía trabajarse productivamente que se esperaba fuera de 5.5 horas.
- La diferencia porcentual entre el rendimiento real y el teórico es de un 44.6% en promedio para la compactadora y de un 30.8% en promedio para la niveladora, en ambos casos los rendimientos reales se encuentran por debajo de los valores teóricos.
- Mediante el diagrama de Ishikawa, se logra categorizar y determinar las causas de bajo rendimiento, se categorizan en cinco grandes áreas encontradas:
 - Mano de obra
 - Maquinaria y herramientas
 - Administración
 - Materiales y obra
 - Entorno y sitio de trabajo



- De los cinco proyectos de reconfiguración de caminos estudiados, el que presenta niveles más bajos de rendimientos corresponde al cuarto proyecto (proyecto San Antonio – Volcancito de Terraba, el cual es de 2.6 km), este alcanzó apenas el 28.7% del rendimiento teórico esperado para la compactadora y un 54.3% para el caso de la niveladora.
- La compactadora presentó mayor variabilidad en los rendimientos obtenidos, presentando diferencias desde 4.2% hasta un 71.3%. La niveladora, por su parte, es más constante manteniéndose principalmente en la línea de diferencias del 30% con respecto al rendimiento teórico.
- Mejorar la gestión y la programación en la búsqueda del cumplimiento de cronogramas de trabajo es importante para evitar caídas de rendimiento en los proyectos viales municipales.
- Las principales causas de baja productividad son la faltante de equipo de trabajo como vagonetas, niveladoras y compactadoras, así como la falta de gestión, programación adecuada de proyectos, seguimiento de cronogramas de trabajo y control en sitio sobre los tiempos de trabajo y la metodología de desarrollo de estos.

Recomendaciones

- Se recomienda contar con inspectores en los proyectos de forma más permanente y que no formen parte de la cuadrilla de trabajo, donde tengan como función fiscalizar los tiempos de trabajo, brindar la metodología de operación y atender necesidades que puedan aparecer en el desarrollo de los proyectos.
- Se sugiere llevar un respaldo por medio de las hojas de toma de datos creadas, con el fin de que se les dé un seguimiento a los rendimientos de la maquinaria municipal y que no solo sea por medio de la licencia de NAVSAT S.A. También para tener un respaldo de datos.
- Brindar capacitaciones a los operadores previo al inicio de la ejecución del proyecto, de manera que se esclarezcan dudas y para que estos puedan desempeñar sus labores de la mejor manera y contribuyan al mejoramiento de los rendimientos involucrándolos en el proceso de toma de decisiones.
- Llevar a cabo un estudio capaz de discernir entre los porcentajes de trabajo no productivo y el trabajo contributivo en la maquinaria, ya que por la naturaleza de toma de datos de este estudio, solo fue posible distinguir el trabajo productivo de estos otros dos tipos de trabajo.
- Urge adquirir nueva maquinaria, con el fin de dar abasto con los proyectos que la Municipalidad debe atender durante el año. Se sugiere adquirir primordialmente vagonetas, niveladora y compactadora, pues son las máquinas que más urgen por faltantes o pocas unidades existentes de las mismas.
- Promover a largo plazo la pavimentación de todas las calles del casco central de la ciudad de Buenos Aires que actualmente se encuentran con lastre y requieren reconformación de caminos de forma periódica, con el fin de centralizar la reconformación en la periferia del cantón.

Anexos

Anexo 1: Boleta de reporte semanal Niveladora

		ADMINISTRACIÓN DE EQUIPO Y MAQUINARIA							Boleta N°34	
REPORTE SEMANAL DE OPERADOR		EQUIPO N° SM4574			CONTADOR:		HOROMETRO			
							KILOMETRO		HORAS RELOJ	
OPERADOR:				CEDULA:			PERIODO: /A/			
DIA	CONTADOR	CODIGO CAMINO	CODIGO ACTIVID	HORAS ACTIVA	HORAS PASIVA	HORAS TRASLA	CONSUMOS: TIPO	LUBRICANT LITROS	COMBUSTIBLE	
									DIESEL	X
LUNES	INICIAL						DIESEL		N° Orden: N° factura: Monto factura: Kilometraje: Horometro: Firma Gasolinera:	
							ACEITE MOTOR			
	FINAL	ACTIVIDADES:					ACEITE HIDRA			
							ACEITE TRANS			
ENGRASE	S/N									
MARTES	INICIAL						DIESEL		N° Orden: N° factura: Monto factura: Kilometraje: Horometro: Firma Gasolinera:	
							ACEITE MOTOR			
	FINAL	ACTIVIDADES:					ACEITE HIDRA			
							ACEITE TRANS			
ENGRASE	S/N									
MIÉRCOLES	INICIAL						DIESEL		N° Orden: N° factura: Monto factura: Kilometraje: Horometro: Firma Gasolinera:	
							ACEITE MOTOR			
	FINAL	ACTIVIDADES:					ACEITE HIDRA			
							ACEITE TRANS			
ENGRASE	S/N									
JUEVES	INICIAL						DIESEL		N° Orden: N° factura: Monto factura: Kilometraje: Horometro: Firma Gasolinera:	
							ACEITE MOTOR			
	FINAL	ACTIVIDADES:					ACEITE HIDRA			
							ACEITE TRANS			
ENGRASE	S/N									
VIERNES	INICIAL						DIESEL		N° Orden: N° factura: Monto factura: Kilometraje: Horometro: Firma Gasolinera:	
							ACEITE MOTOR			
	FINAL	ACTIVIDADES:					ACEITE HIDRA			
							ACEITE TRANS			
ENGRASE	S/N									
SABADO	INICIAL						DIESEL		N° Orden: N° factura: Monto factura: Kilometraje: Horometro: Firma Gasolinera:	
							ACEITE MOTOR			
	FINAL	ACTIVIDADES:					ACEITE HIDRA			
							ACEITE TRANS			
ENGRASE	S/N									

Fuente: UTGVM Buenos Aires, 2019.

Anexo 2: Boleta de reporte semanal Compactadora.

ADMINISTRACIÓN DE EQUIPO Y MAQUINARIA UTGVM BUENOS AIRES		Boleta N° 40										
REPORTE SEMANAL DE OPERADOR		EQUIPO N° SM 4466		CONTADOR:		HOROMETRO						
						KILOMETRO		HORAS RELOJ				
OPERADOR:				CEDULA:		PERIODO: / /						
DIA	CONTADOR	CODIGO CAMINO	CODIGO ACTIVIDAD	HORAS ACTIVAS	HORAS PASIVAS	HORAS TRASLADO	CONSUMOS-		COMBUSTIBLE			
							TIPO	LITROS	DIESEL X	GASOLINA		
LUNES	INICIAL						DIESEL			N° Orden:	N° factura:	
							ACEITE MOTOR			Monto factura:		
		ACTIVIDADES:						ACEITE HIDRA			Kilometraje:	Horometro:
	FINAL							ACEITE TRANS			Firma Gasolinera:	
								ENRASE	S/N			
MARTES	INICIAL						DIESEL			N° Orden:	N° factura:	
							ACEITE MOTOR			Monto factura:		
		ACTIVIDADES:						ACEITE HIDRA			Kilometraje:	Horometro:
	FINAL							ACEITE TRANS			Firma Gasolinera:	
								ENRASE	S/N			
MIERCOLES	INICIAL						DIESEL			N° Orden:	N° factura:	
							ACEITE MOTOR			Monto factura:		
		ACTIVIDADES:						ACEITE HIDRA			Kilometraje:	Horometro:
	FINAL							ACEITE TRANS			Firma Gasolinera:	
								ENRASE	S/N			
JUEVES	INICIAL						DIESEL			N° Orden:	N° factura:	
							ACEITE MOTOR			Monto factura:		
		ACTIVIDADES:						ACEITE HIDRA			Kilometraje:	Horometro:
	FINAL							ACEITE TRANS			Firma Gasolinera:	
								ENRASE	S/N			
VIERNES	INICIAL						DIESEL			N° Orden:	N° factura:	
							ACEITE MOTOR			Monto factura:		
		ACTIVIDADES:						ACEITE HIDRA			Kilometraje:	Horometro:
	FINAL							ACEITE TRANS			Firma Gasolinera:	
								ENRASE	S/N			
SABADO	INICIAL						DIESEL			N° Orden:	N° factura:	
							ACEITE MOTOR			Monto factura:		
		ACTIVIDADES:						ACEITE HIDRA			Kilometraje:	Horometro:
	FINAL							ACEITE TRANS			Firma Gasolinera:	
								ENRASE	S/N			

FIRMA OPERADOR: _____

Fuente: UTGVM Buenos Aires, 2019.

Apéndices

Seguidamente, se muestra la información de apoyo por parte del autor durante el desarrollo de este proyecto de graduación.

Apéndice 1: Hoja de toma de datos en campo para estimar rendimientos de las niveladoras.

Apéndice 2: Hoja de toma de datos en campo para estimar rendimientos de las compactadoras.

Apéndice 3: Hoja de toma de datos en campo para estimar rendimientos de los cargadores frontales.

Apéndice 4: Hoja de toma de datos en campo para estimar rendimientos de las retroexcavadoras.

Apéndice 5. Cuestionario laboral para detección de causas de improductividad.

Apéndice 6: Tiempos de trabajo productivo diario: niveladora

Apéndice 7: Tiempos de trabajo productivo diario: compactadora

Apéndice 8: Memoria de cálculo rendimiento teórico de la niveladora

Apéndice 9: Memoria de cálculo rendimiento teórico de la compactadora


Referencias

- Allen, J. (2009). *Gestión Vial Municipal: Componentes Esenciales de una Unidad Técnica de Gestión Vial en el Ámbito Municipal de Costa Rica*. San José: LANAMME UCR, programa de infraestructura del transporte.
- Arenhart, J., & Martins, R. (12 de junio de 2018). *Diagrama de Ishikawa*. Obtenido de Blog de la Calidad: <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-ishikawa/>
- Caterpillar Inc. (2000). *Manual de Rendimientos Caterpillar*. Illinois, Estados Unidos: CAT.
- Financial Advisory & Infrastructure - Deloitte. (Octubre de 2018). *Reporte Global de Competitividad 2018-2019*. Obtenido de <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cr/Documents/finance/docs/181017-cr-fas-Reporte-Global-de-Competitividad-WEF.pdf>
- Flores, E., & Ramos, M. (2018). *Análisis y evaluación de la productividad en obras de construcción vial en la ciudad de Arequipa*. Arequipa - Perú: Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7548/1/Cflmeej.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Leandro, A. G. (2018). *Apuntes del curso "Diseño de Procesos Constructivos"*. Cartago.
- Medina, A. (2017). *Apuntes del curso "Carreteras I"*. Cartago.
- Medina, A. (2017). *Apuntes del curso "Carreteras II"*. Cartago.
- Santana, J. M. (Diciembre de 1989). *El tiempo improductivo en obras de construcción*. (R. I. Construcción, Ed.) Obtenido de <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/viewFile/326/pdf>
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). (2000). *Tomo III: Normas y procedimientos de ejecución para mantenimiento vial*. Guatemala.
- Secretaria de Integración Económica Centroamericana (SIECA). (2004). *Condiciones Generales y Especificaciones Técnicas para Actividades de Mantenimiento contratadas con base en Precios Unitarios*.
- Serpell, A. (2002). *Administración de Operaciones de Construcción*. Chile: Alfaomega.
- Suárez, I. (2017). *Productividad de Maquinaria Pesada. Especificación sobre la maquinarias necesarias para construcción de vías*. Universidad de Pamplona, Pamplona, España. Obtenido de <https://www.studocu.com/es/document/universidad-de-pamplona/maquinaria-y-equipos/apuntes/productividad-de-maquinaria-pesada/2598163/view>
- Unidad Técnica de Gestión Vial, Municipalidad de Buenos Aires. (2015). *Plan de conservación y desarrollo vial de la Municipalidad de Buenos Aires 2016-2020*. Buenos Aires.
- Vallverdu, A. (setiembre de 2010). *Pavimentos en infraestructura vial*. Obtenido de <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=535&edi=23&xit=pavimentos-en-infraestructura-vial-avances-y-desafios>

Apéndices

Apéndice 3.

Control diario de rendimiento de maquinaria													
Municipalidad de Buenos Aires													
Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal UTGVM													
										Fecha _____			
Proyecto _____										Hora inicio _____			
Ubicación _____										Temperatura _____			
Observaciones _____													



Máquina: _____ **Cargador** _____ **Capacidad del balde:** _____
Estilo/modelo: _____ **Tipo de material de trabajo:** () Granular () Cohesivo
Año: _____ **Clima:** () Soleado () Nublado () Lluvioso

Toma	Distancia de acarreo (m)	Tiempo fijo en cada ciclo de trabajo (seg)			Ciclo fijo total (seg)	Balde				Pendiente (Indicar grados en obs)			Observaciones
		Tiempo de cargado	Tiempo de giro	Tiempo de descarga		Lleno	3/4	1/2	1/4	Nula	Leve	Pronunciada	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													

Condiciones del cucharón	Cargado fácil. Desde un acopio de tierra o roca excavada.			
	Cargado promedio. Tierra suelta pero más difícil de cargar. Tierra suave.			
	Cargado moderadamente difícil. Difícil de cargar cucharón lleno.			
	Cargado difícil. Difícil cargar el cucharón. Se utiliza para rocas grandes.			


Condiciones del operación	Buenas. Acarreo sobre camino bien compactado.	Velocidad con carga (km/h)	Velocidad de retorno (km/h)
	Promedio. Camino parejo con pocas protuberancias.	10 a 23	11 a 24
	Moderadas. Protuberancias en la superficie del camino.	10 a 18	11 a 19
	Deficientes. Camino Irregular con grandes protuberancias.	10 a 15	10 a 16

Firma Inspector: _____
Nombre: _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4.

Control diario de rendimiento de maquinaria															
Municipalidad de Buenos Aires															
Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal UTGVM															
Proyecto _____												Fecha _____		Hora Inicio _____	
Ubicación _____												Temperatura _____			
Observaciones _____															



Máquina: Retroexcavadora Capacidad del cucharón: _____

Estilo/modelo: _____ Tipo de material de trabajo: Granular Cohesivo

Año: _____ Clima: Soleado Nublado Lluvioso

Toma	Tiempo en cada ciclo de trabajo (seg)				Ciclo Total (seg)	Cucharón				Actividad			Observaciones		
	Carga del cucharón	Giro/traslado con carga	Descarga del cucharón	Giro/traslado sin carga		Lleno	3/4	1/2	1/4	Drenaje	Taludes	Colocación Alcantarilla		Zanjeo	Otro
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															

Tipo de material / terreno	Suelto y amontonado (Stock), no compactado, suelo suave	
	Tierra compactada / arcilla seca (suelos con roca <25%)	
	Suelo duro (roca <50%)	
	Roca escarifica (suelos con roca <75%)	
	Rocas areniscas y caliche	

Condiciones del cucharón	Cargado fácil. Desde un acopio de tierra o roca excavada.	
	Cargado promedio. Tierra suelta pero más difícil de cargar. Tierra suave.	
	Cargado moderadamente difícil. Difícil de cargar cucharón lleno.	
	Cargado difícil. Difícil cargar el cucharón. Se utiliza para rocas grandes.	

Firma Inspector: _____

Nombre: _____

Fuente: elaboración propia.

Cuestionario sobre productividad

Encuestador: Óscar Ramírez Porras

Encuestado: Trabajadores / operadores Municipales UTGVM

1. ¿Considera que la maquinaria empleada es la adecuada para los proyectos que lleva a cabo la Municipalidad?

- Sí
- No
- A veces (no en todos los proyectos)

2. Con respecto a la maquinaria, considera que:

- Se debería actualizar a modelos más recientes.
- Se debería adquirir más maquinaria.
- Es suficiente con la que hay.

3. ¿Considera usted que el tamaño de la cuadrilla es el adecuado?

- Sí
- No
- A veces

4. ¿Es el mantenimiento de la maquinaria adecuado y programado?

- Sí
- No
- A veces

5. ¿Recibe instrucciones claras por parte de sus supervisores/jefes/superiores?

- Sí
- No
- A veces

6. ¿Tiene claro lo que debe realizar en los proyectos?

- Sí
- No
- A veces

7. ¿Considera que la logística o forma de desarrollar los proyectos es la adecuada?

- Sí
- No
- A veces

8. ¿Considera que las condiciones climáticas (lluvias, soleadas) afectan el rendimiento en los proyectos?

- Sí
- No
- A veces

9. ¿Considera oportuno u óptimo añadir más maquinaria al frente de trabajo?

- Sí
- No

Si consideró que sí, especifique cuál maquinaria:

- Vagonetas
- Niveladora
- Compactadora
- Retroexcavadora (*Backhoe*)
- Excavadora
- Otro: _____

10. ¿Está cómodo con el ambiente de trabajo dentro de la cuadrilla/frente de trabajo?

- Sí
- No
- A veces

11. ¿El equipo, materiales y herramientas están a tiempo en la obra para ser utilizados cuando sea necesario?

- Sí
- No
- A veces

12. ¿Considera que faltan herramientas o materiales para realizar los proyectos de reconfiguración de caminos?

- Sí
- No
- A veces

13. ¿Siente que su trabajo es valorado o reconocido?

- Sí
- No
- A veces

14. ¿Es tomado en cuenta a la hora de aportar ideas o de proponer posibles soluciones?

- Sí
- No
- A veces

Alguna recomendación u observación extra:

2- NIVELADORA: PROYECTO CALLES URBANAS - VOLCÁN

LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES																																																																																						
						<table border="1"> <thead> <tr> <th>10 DE ABRIL</th> <th colspan="2">NIVELADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8:45:52 a. m.</td> <td>9:12:57 a. m.</td> <td>0:27:05</td> </tr> <tr> <td>9:13:33 a. m.</td> <td>11:28:26 a. m.</td> <td>2:14:53</td> </tr> <tr> <td>11:34:23 a. m.</td> <td>12:01:01 p. m.</td> <td>0:26:38</td> </tr> <tr> <td>1:18:02 p. m.</td> <td>2:07:14 p. m.</td> <td>0:49:12</td> </tr> <tr> <td>2:13:06 p. m.</td> <td>2:30:02 p. m.</td> <td>0:16:56</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>4:14:44</td> </tr> </tbody> </table>			10 DE ABRIL	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL	8:45:52 a. m.	9:12:57 a. m.	0:27:05	9:13:33 a. m.	11:28:26 a. m.	2:14:53	11:34:23 a. m.	12:01:01 p. m.	0:26:38	1:18:02 p. m.	2:07:14 p. m.	0:49:12	2:13:06 p. m.	2:30:02 p. m.	0:16:56			4:14:44	<table border="1"> <thead> <tr> <th>11 DE ABRIL</th> <th colspan="2">NIVELADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Feriado</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0:00:00</td> </tr> </tbody> </table>			11 DE ABRIL	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL	Feriado					0:00:00	<table border="1"> <thead> <tr> <th>12 DE ABRIL</th> <th colspan="2">NIVELADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7:07:06 a. m.</td> <td>7:21:46 a. m.</td> <td>0:14:40</td> </tr> <tr> <td>7:29:34 a. m.</td> <td>7:44:19 a. m.</td> <td>0:14:45</td> </tr> <tr> <td>7:45:57 a. m.</td> <td>8:03:38 a. m.</td> <td>0:17:41</td> </tr> <tr> <td>8:04:35 a. m.</td> <td>8:09:22 a. m.</td> <td>0:04:47</td> </tr> <tr> <td>8:14:34 a. m.</td> <td>8:22:54 a. m.</td> <td>0:08:20</td> </tr> <tr> <td>8:33:15 a. m.</td> <td>8:46:57 a. m.</td> <td>0:13:42</td> </tr> <tr> <td>8:51:21 a. m.</td> <td>9:06:05 a. m.</td> <td>0:14:44</td> </tr> <tr> <td>10:04:56 a. m.</td> <td>11:20:50 a. m.</td> <td>1:15:54</td> </tr> <tr> <td>11:35:37 a. m.</td> <td>11:49:53 a. m.</td> <td>0:14:16</td> </tr> <tr> <td>1:18:41 p. m.</td> <td>2:28:09 p. m.</td> <td>1:09:28</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>4:08:17</td> </tr> </tbody> </table>			12 DE ABRIL	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL	7:07:06 a. m.	7:21:46 a. m.	0:14:40	7:29:34 a. m.	7:44:19 a. m.	0:14:45	7:45:57 a. m.	8:03:38 a. m.	0:17:41	8:04:35 a. m.	8:09:22 a. m.	0:04:47	8:14:34 a. m.	8:22:54 a. m.	0:08:20	8:33:15 a. m.	8:46:57 a. m.	0:13:42	8:51:21 a. m.	9:06:05 a. m.	0:14:44	10:04:56 a. m.	11:20:50 a. m.	1:15:54	11:35:37 a. m.	11:49:53 a. m.	0:14:16	1:18:41 p. m.	2:28:09 p. m.	1:09:28			4:08:17
10 DE ABRIL	NIVELADORA																																																																																																	
HORAS TRABAJANDO																																																																																																		
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																
8:45:52 a. m.	9:12:57 a. m.	0:27:05																																																																																																
9:13:33 a. m.	11:28:26 a. m.	2:14:53																																																																																																
11:34:23 a. m.	12:01:01 p. m.	0:26:38																																																																																																
1:18:02 p. m.	2:07:14 p. m.	0:49:12																																																																																																
2:13:06 p. m.	2:30:02 p. m.	0:16:56																																																																																																
		4:14:44																																																																																																
11 DE ABRIL	NIVELADORA																																																																																																	
HORAS TRABAJANDO																																																																																																		
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																
Feriado																																																																																																		
		0:00:00																																																																																																
12 DE ABRIL	NIVELADORA																																																																																																	
HORAS TRABAJANDO																																																																																																		
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																
7:07:06 a. m.	7:21:46 a. m.	0:14:40																																																																																																
7:29:34 a. m.	7:44:19 a. m.	0:14:45																																																																																																
7:45:57 a. m.	8:03:38 a. m.	0:17:41																																																																																																
8:04:35 a. m.	8:09:22 a. m.	0:04:47																																																																																																
8:14:34 a. m.	8:22:54 a. m.	0:08:20																																																																																																
8:33:15 a. m.	8:46:57 a. m.	0:13:42																																																																																																
8:51:21 a. m.	9:06:05 a. m.	0:14:44																																																																																																
10:04:56 a. m.	11:20:50 a. m.	1:15:54																																																																																																
11:35:37 a. m.	11:49:53 a. m.	0:14:16																																																																																																
1:18:41 p. m.	2:28:09 p. m.	1:09:28																																																																																																
		4:08:17																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>15 DE ABRIL</th> <th colspan="2">NIVELADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0:00:00</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0:00:00</td> </tr> </tbody> </table>			15 DE ABRIL	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL			0:00:00			0:00:00	<table border="1"> <thead> <tr> <th>16 DE ABRIL</th> <th colspan="2">NIVELADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0:00:00</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0:00:00</td> </tr> </tbody> </table>			16 DE ABRIL	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL			0:00:00			0:00:00	<table border="1"> <thead> <tr> <th>17 DE ABRIL</th> <th colspan="2">NIVELADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0:00:00</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0:00:00</td> </tr> </tbody> </table>			17 DE ABRIL	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL			0:00:00			0:00:00	<table border="1"> <thead> <tr> <th>18 DE ABRIL</th> <th colspan="2">NIVELADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0:00:00</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0:00:00</td> </tr> </tbody> </table>			18 DE ABRIL	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL			0:00:00			0:00:00	<table border="1"> <thead> <tr> <th>19 DE ABRIL</th> <th colspan="2">NIVELADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0:00:00</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0:00:00</td> </tr> </tbody> </table>			19 DE ABRIL	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL			0:00:00			0:00:00									
15 DE ABRIL	NIVELADORA																																																																																																	
HORAS TRABAJANDO																																																																																																		
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																
		0:00:00																																																																																																
		0:00:00																																																																																																
16 DE ABRIL	NIVELADORA																																																																																																	
HORAS TRABAJANDO																																																																																																		
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																
		0:00:00																																																																																																
		0:00:00																																																																																																
17 DE ABRIL	NIVELADORA																																																																																																	
HORAS TRABAJANDO																																																																																																		
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																
		0:00:00																																																																																																
		0:00:00																																																																																																
18 DE ABRIL	NIVELADORA																																																																																																	
HORAS TRABAJANDO																																																																																																		
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																
		0:00:00																																																																																																
		0:00:00																																																																																																
19 DE ABRIL	NIVELADORA																																																																																																	
HORAS TRABAJANDO																																																																																																		
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																
		0:00:00																																																																																																
		0:00:00																																																																																																

22 DE ABRIL			NIVELADORA		
HORAS TRABAJANDO					
INICIO	FINAL	TOTAL			
7:23:36 a. m.	9:03:58 a. m.	1:40:22			
9:05:09 a. m.	10:53:44 a. m.	1:48:35			
11:05:14 a. m.	12:08:20 p. m.	1:03:06			
12:12:41 p. m.	1:01:11 p. m.	0:48:30			
1:44:30 p. m.	2:40:10 p. m.	0:55:40			
		6:16:13			

23 DE ABRIL			NIVELADORA		
HORAS TRABAJANDO					
INICIO	FINAL	TOTAL			
7:14:51 a. m.	8:06:11 a. m.	0:51:20			
8:07:54 a. m.	8:24:27 a. m.	0:16:33			
9:03:32 a. m.	9:19:39 a. m.	0:16:07			
9:35:53 a. m.	10:13:43 a. m.	0:37:50			
10:39:34 a. m.	10:53:41 a. m.	0:14:07			
10:55:00 a. m.	12:18:27 p. m.	1:23:27			
12:37:28 p. m.	2:06:50 p. m.	1:29:22			
2:07:15 p. m.	2:24:16 p. m.	0:17:01			
2:27:13 p. m.	2:31:26 p. m.	0:04:13			
		5:30:00			

24 DE ABRIL			NIVELADORA		
HORAS TRABAJANDO					
INICIO	FINAL	TOTAL			
7:03:34 a. m.	7:24:01 a. m.	0:20:27			
7:24:12 a. m.	8:08:22 a. m.	0:44:10			
8:09:30 a. m.	10:04:41 a. m.	1:55:11			
10:11:34 a. m.	10:28:45 a. m.	0:17:11			
1:07:53 p. m.	1:11:09 p. m.	0:03:16			
		3:20:15			

25 DE ABRIL			NIVELADORA		
HORAS TRABAJANDO					
INICIO	FINAL	TOTAL			
		0:00:00			
		0:00:00			

TOTAL HORAS **23:29:29**

Promedio hrs trabajadas / día **4:41:54**

3- NIVELADORA: PROYECTO PLATANARES - VILLA HERMOSA

LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES																																																																																																								
												<table border="1"> <tr> <td>26 DE ABRIL</td> <td colspan="2">NIVELADORA</td> </tr> <tr> <td colspan="3">HORAS TRABAJANDO</td> </tr> <tr> <td>INICIO</td> <td>FINAL</td> <td>TOTAL</td> </tr> <tr> <td>6:26:00 a. m.</td> <td>10:52:47 a. m.</td> <td>4:26:47</td> </tr> <tr> <td>11:36:39 a. m.</td> <td>12:39:52 p. m.</td> <td>1:03:13</td> </tr> <tr> <td>12:42:22 p. m.</td> <td>12:44:19 p. m.</td> <td>0:01:57</td> </tr> <tr> <td>12:44:46 p. m.</td> <td>2:42:30 p. m.</td> <td>1:57:44</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>3:02:54</td> </tr> </table>			26 DE ABRIL	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL	6:26:00 a. m.	10:52:47 a. m.	4:26:47	11:36:39 a. m.	12:39:52 p. m.	1:03:13	12:42:22 p. m.	12:44:19 p. m.	0:01:57	12:44:46 p. m.	2:42:30 p. m.	1:57:44			3:02:54																																																																														
26 DE ABRIL	NIVELADORA																																																																																																																			
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																				
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																		
6:26:00 a. m.	10:52:47 a. m.	4:26:47																																																																																																																		
11:36:39 a. m.	12:39:52 p. m.	1:03:13																																																																																																																		
12:42:22 p. m.	12:44:19 p. m.	0:01:57																																																																																																																		
12:44:46 p. m.	2:42:30 p. m.	1:57:44																																																																																																																		
		3:02:54																																																																																																																		
<table border="1"> <tr> <td>29 DE ABRIL</td> <td colspan="2">NIVELADORA</td> </tr> <tr> <td colspan="3">HORAS TRABAJANDO</td> </tr> <tr> <td>INICIO</td> <td>FINAL</td> <td>TOTAL</td> </tr> <tr> <td>7:21:30 a. m.</td> <td>8:13:29 a. m.</td> <td>0:51:59</td> </tr> <tr> <td>8:16:48 a. m.</td> <td>8:17:59 a. m.</td> <td>0:01:11</td> </tr> <tr> <td>11:48:38 a. m.</td> <td>1:16:59 p. m.</td> <td>1:28:21</td> </tr> <tr> <td>1:24:37 p. m.</td> <td>1:26:58 p. m.</td> <td>0:02:21</td> </tr> <tr> <td>1:47:05 p. m.</td> <td>2:29:17 p. m.</td> <td>0:42:12</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>3:06:04</td> </tr> </table>			29 DE ABRIL	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL	7:21:30 a. m.	8:13:29 a. m.	0:51:59	8:16:48 a. m.	8:17:59 a. m.	0:01:11	11:48:38 a. m.	1:16:59 p. m.	1:28:21	1:24:37 p. m.	1:26:58 p. m.	0:02:21	1:47:05 p. m.	2:29:17 p. m.	0:42:12			3:06:04	<table border="1"> <tr> <td>30 DE ABRIL</td> <td colspan="2">NIVELADORA</td> </tr> <tr> <td colspan="3">HORAS TRABAJANDO</td> </tr> <tr> <td>INICIO</td> <td>FINAL</td> <td>TOTAL</td> </tr> <tr> <td>6:38:59 a. m.</td> <td>7:24:09 a. m.</td> <td>0:45:10</td> </tr> <tr> <td>7:25:15 a. m.</td> <td>8:04:30 a. m.</td> <td>0:39:15</td> </tr> <tr> <td>8:05:04 a. m.</td> <td>8:09:41 a. m.</td> <td>0:04:37</td> </tr> <tr> <td>8:10:05 a. m.</td> <td>11:48:16 a. m.</td> <td>3:38:11</td> </tr> <tr> <td>12:43:30 p. m.</td> <td>2:31:32 p. m.</td> <td>1:48:02</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>6:55:15</td> </tr> </table>			30 DE ABRIL	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL	6:38:59 a. m.	7:24:09 a. m.	0:45:10	7:25:15 a. m.	8:04:30 a. m.	0:39:15	8:05:04 a. m.	8:09:41 a. m.	0:04:37	8:10:05 a. m.	11:48:16 a. m.	3:38:11	12:43:30 p. m.	2:31:32 p. m.	1:48:02			6:55:15	<table border="1"> <tr> <td>01 DE MAYO</td> <td colspan="2">NIVELADORA</td> </tr> <tr> <td colspan="3">HORAS TRABAJANDO</td> </tr> <tr> <td>INICIO</td> <td>FINAL</td> <td>TOTAL</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0:00:00</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0:00:00</td> </tr> </table> <p>Feriado día del trabajador</p>			01 DE MAYO	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL			0:00:00			0:00:00	<table border="1"> <tr> <td>02 DE MAYO</td> <td colspan="2">NIVELADORA</td> </tr> <tr> <td colspan="3">HORAS TRABAJANDO</td> </tr> <tr> <td>INICIO</td> <td>FINAL</td> <td>TOTAL</td> </tr> <tr> <td>8:34:10 a. m.</td> <td>9:41:05 a. m.</td> <td>1:06:55</td> </tr> <tr> <td>1:22:21 p. m.</td> <td>2:08:36 p. m.</td> <td>0:46:15</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>1:53:10</td> </tr> </table>			02 DE MAYO	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL	8:34:10 a. m.	9:41:05 a. m.	1:06:55	1:22:21 p. m.	2:08:36 p. m.	0:46:15			1:53:10	<table border="1"> <tr> <td>03 DE MAYO</td> <td colspan="2">NIVELADORA</td> </tr> <tr> <td colspan="3">HORAS TRABAJANDO</td> </tr> <tr> <td>INICIO</td> <td>FINAL</td> <td>TOTAL</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0:00:00</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0:00:00</td> </tr> </table>			03 DE MAYO	NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL			0:00:00			0:00:00
29 DE ABRIL	NIVELADORA																																																																																																																			
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																				
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																		
7:21:30 a. m.	8:13:29 a. m.	0:51:59																																																																																																																		
8:16:48 a. m.	8:17:59 a. m.	0:01:11																																																																																																																		
11:48:38 a. m.	1:16:59 p. m.	1:28:21																																																																																																																		
1:24:37 p. m.	1:26:58 p. m.	0:02:21																																																																																																																		
1:47:05 p. m.	2:29:17 p. m.	0:42:12																																																																																																																		
		3:06:04																																																																																																																		
30 DE ABRIL	NIVELADORA																																																																																																																			
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																				
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																		
6:38:59 a. m.	7:24:09 a. m.	0:45:10																																																																																																																		
7:25:15 a. m.	8:04:30 a. m.	0:39:15																																																																																																																		
8:05:04 a. m.	8:09:41 a. m.	0:04:37																																																																																																																		
8:10:05 a. m.	11:48:16 a. m.	3:38:11																																																																																																																		
12:43:30 p. m.	2:31:32 p. m.	1:48:02																																																																																																																		
		6:55:15																																																																																																																		
01 DE MAYO	NIVELADORA																																																																																																																			
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																				
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																		
		0:00:00																																																																																																																		
		0:00:00																																																																																																																		
02 DE MAYO	NIVELADORA																																																																																																																			
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																				
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																		
8:34:10 a. m.	9:41:05 a. m.	1:06:55																																																																																																																		
1:22:21 p. m.	2:08:36 p. m.	0:46:15																																																																																																																		
		1:53:10																																																																																																																		
03 DE MAYO	NIVELADORA																																																																																																																			
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																				
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																		
		0:00:00																																																																																																																		
		0:00:00																																																																																																																		
											TOTAL HORAS		14:57:23																																																																																																							
											Promedio hrs trabajadas / día		3:44:21																																																																																																							

4 - NIVELADORA: PROYECTO SAN ANTONIO - VOLCANCITO

LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES			
INICIO DE PROYECTO									31 DE MAYO		NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO		
									INICIO	FINAL	TOTAL				
									7:55:06 a. m.	10:15:23 a. m.	2:20:17				
									10:20:58 a. m.	10:25:15 a. m.	0:04:17				
									10:35:07 a. m.	10:58:53 a. m.	0:23:46				
									10:59:28 a. m.	11:58:04 a. m.	0:58:36				
12:59:55 p. m.	1:56:44 p. m.	0:56:49													
									4:43:45						
03 DE JUNIO			04 DE JUNIO			05 DE JUNIO			06 DE JUNIO			07 DE JUNIO			
NIVELADORA			NIVELADORA			NIVELADORA			NIVELADORA			NIVELADORA			
HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			
INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL	
7:57:01 a. m.	8:13:41 a. m.	0:16:40	6:58:09 a. m.	8:42:37 a. m.	1:44:28	6:41:39 a. m.	8:59:26 a. m.	2:17:47	7:32:29 a. m.	9:20:43 a. m.	1:48:14	7:10:57 a. m.	7:29:16 a. m.	0:18:19	
8:22:28 a. m.	8:24:25 a. m.	0:01:57	8:51:27 a. m.	9:14:32 a. m.	0:23:05	9:21:29 a. m.	9:33:18 a. m.	0:11:49	9:24:57 a. m.	9:28:38 a. m.	0:03:41	7:40:03 a. m.	8:32:36 a. m.	0:52:33	
8:39:35 a. m.	9:01:54 a. m.	0:22:19	9:14:44 a. m.	12:06:44 p. m.	2:52:00	9:33:58 a. m.	10:17:18 a. m.	0:43:20	9:30:35 a. m.	12:10:15 p. m.	2:39:40	8:45:36 a. m.	9:36:29 a. m.	0:50:53	
9:07:14 a. m.	11:07:31 a. m.	2:00:17	1:08:43 p. m.	2:08:25 p. m.	0:59:42	10:25:31 a. m.	10:35:31 a. m.	0:10:00	1:26:43 p. m.	1:35:15 p. m.	0:08:32	9:53:32 a. m.	11:16:48 a. m.	1:23:16	
11:08:09 a. m.	12:13:02 p. m.	1:04:53			5:59:15	10:41:08 a. m.	11:08:29 a. m.	0:27:21			4:40:07	11:17:10 a. m.	12:00:22 p. m.	0:43:12	
12:22:56 p. m.	12:42:53 p. m.	0:19:57				11:08:54 a. m.	11:53:40 a. m.	0:44:46				12:59:41 p. m.	1:52:07 p. m.	0:52:26	
1:10:05 p. m.	2:14:43 p. m.	1:04:38				12:36:55 p. m.	1:41:19 p. m.	1:04:24						5:00:39	
		5:10:41				1:45:17 p. m.	2:25:44 p. m.	0:40:27							
								6:19:54							
10 DE JUNIO			11 DE JUNIO			12 DE JUNIO			13 DE JUNIO			14 DE JUNIO			
NIVELADORA			NIVELADORA			NIVELADORA			NIVELADORA			NIVELADORA			
HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			
INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL	

10:54:07 a. m.	11:24:31 a. m.	0:30:24	7:54:22 a. m.	8:11:58 a. m.	0:17:36	9:47:01 a. m.	10:15:12 a. m.	0:28:11	8:24:15 a. m.	9:14:35 a. m.	0:50:20	8:01:49 a. m.	8:11:11 a. m.	0:09:22
11:25:14 a. m.	11:41:34 a. m.	0:16:20	8:19:23 a. m.	9:22:04 a. m.	1:02:41	10:36:46 a. m.	11:15:06 a. m.	0:38:20	10:01:19 a. m.	10:30:40 a. m.	0:29:21	8:21:39 a. m.	8:32:45 a. m.	0:11:06
12:10:42 p. m.	12:15:05 p. m.	0:04:23	9:52:06 a. m.	10:36:27 a. m.	0:44:21	11:54:10 a. m.	11:55:13 a. m.	0:01:03	11:25:15 a. m.	11:59:13 a. m.	0:33:58	8:32:59 a. m.	8:41:39 a. m.	0:08:40
12:29:15 p. m.	12:41:56 p. m.	0:12:41	12:10:52 p. m.	12:19:32 p. m.	0:08:40	12:33:28 p. m.	1:03:42 p. m.	0:30:14	12:12:01 p. m.	12:27:31 p. m.	0:15:30	10:56:00 a. m.	11:41:25 a. m.	0:45:25
12:44:44 p. m.	12:59:55 p. m.	0:15:11	12:45:28 p. m.	12:50:08 p. m.	0:04:40			1:37:48	12:40:41 p. m.	1:05:40 p. m.	0:24:59	11:49:00 a. m.	11:52:55 a. m.	0:03:55
1:21:03 p. m.	1:48:00 p. m.	0:26:57			2:17:58						2:34:08	1:22:04 p. m.	1:34:19 p. m.	0:12:15
		1:45:56										1:52:45 p. m.	2:05:12 p. m.	0:12:27
														1:43:10
17 DE JUNIO	NIVELADORA		18 DE JUNIO	NIVELADORA		19 DE JUNIO	NIVELADORA		20 DE JUNIO	NIVELADORA		FIN DE PROYECTO		
HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO					
INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL			
7:19:51 a. m.	9:52:47 a. m.	2:32:56	7:04:19 a. m.	9:33:16 a. m.	2:28:57	7:14:23 a. m.	9:35:46 a. m.	2:21:23	7:53:36 a. m.	8:13:49 a. m.	0:20:13			
9:57:18 a. m.	10:20:26 a. m.	0:23:08	9:44:07 a. m.	10:54:41 a. m.	1:10:34	9:36:06 a. m.	9:59:00 a. m.	0:22:54	8:15:52 a. m.	9:34:57 a. m.	1:19:05			
10:52:08 a. m.	11:17:11 a. m.	0:25:03	11:39:03 a. m.	11:41:39 a. m.	0:02:36	10:10:23 a. m.	10:12:36 a. m.	0:02:13	10:47:27 a. m.	11:22:45 a. m.	0:35:18			
11:36:17 a. m.	12:07:15 p. m.	0:30:58	1:01:52 p. m.	2:03:21 p. m.	1:01:29	10:48:23 a. m.	11:52:02 a. m.	1:03:39	11:57:38 a. m.	12:11:44 p. m.	0:14:06			
1:01:52 p. m.	2:12:03 p. m.	1:10:11			4:43:36	1:31:10 p. m.	2:06:20 p. m.	0:35:10	1:10:47 p. m.	1:44:36 p. m.	0:33:49			
		5:02:16						4:25:19			3:02:31			
												Promedio hrs trabajadas / día		3:56:28

5 - NIVELADORA: PROYECTO IGLESIA TÉRRABA - CEMENTERIO TÉRRABA

LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES																																																																																																																															
												<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">21 DE JUNIO</th> <th colspan="2">NIVELADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="4">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th colspan="2">TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7:52:45 a. m.</td> <td>8:56:08 a. m.</td> <td colspan="2">1:03:23</td> </tr> <tr> <td>9:27:40 a. m.</td> <td>9:41:25 a. m.</td> <td colspan="2">0:13:45</td> </tr> <tr> <td>9:44:06 a. m.</td> <td>10:39:12 a. m.</td> <td colspan="2">0:55:06</td> </tr> <tr> <td>11:25:24 a. m.</td> <td>11:45:18 a. m.</td> <td colspan="2">0:19:54</td> </tr> <tr> <td>12:53:06 p. m.</td> <td>2:09:33 p. m.</td> <td colspan="2">1:16:27</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">3:48:35</td> </tr> </tbody> </table>			21 DE JUNIO		NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO				INICIO	FINAL	TOTAL		7:52:45 a. m.	8:56:08 a. m.	1:03:23		9:27:40 a. m.	9:41:25 a. m.	0:13:45		9:44:06 a. m.	10:39:12 a. m.	0:55:06		11:25:24 a. m.	11:45:18 a. m.	0:19:54		12:53:06 p. m.	2:09:33 p. m.	1:16:27				3:48:35																																																																																										
21 DE JUNIO		NIVELADORA																																																																																																																																									
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																																											
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																																									
7:52:45 a. m.	8:56:08 a. m.	1:03:23																																																																																																																																									
9:27:40 a. m.	9:41:25 a. m.	0:13:45																																																																																																																																									
9:44:06 a. m.	10:39:12 a. m.	0:55:06																																																																																																																																									
11:25:24 a. m.	11:45:18 a. m.	0:19:54																																																																																																																																									
12:53:06 p. m.	2:09:33 p. m.	1:16:27																																																																																																																																									
		3:48:35																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">24 DE JUNIO</th> <th colspan="2">NIVELADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="4">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th colspan="2">TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7:32:54 a. m.</td> <td>7:53:19 a. m.</td> <td colspan="2">0:20:25</td> </tr> <tr> <td>8:08:46 a. m.</td> <td>8:52:36 a. m.</td> <td colspan="2">0:43:50</td> </tr> <tr> <td>8:57:58 a. m.</td> <td>9:03:14 a. m.</td> <td colspan="2">0:05:16</td> </tr> <tr> <td>9:40:29 a. m.</td> <td>10:54:25 a. m.</td> <td colspan="2">1:13:56</td> </tr> <tr> <td>11:00:12 a. m.</td> <td>11:12:18 a. m.</td> <td colspan="2">0:12:06</td> </tr> <tr> <td>11:20:56 a. m.</td> <td>11:57:48 a. m.</td> <td colspan="2">0:36:52</td> </tr> <tr> <td>1:01:28 p. m.</td> <td>2:08:37 p. m.</td> <td colspan="2">1:07:09</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">4:19:34</td> </tr> </tbody> </table>			24 DE JUNIO		NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO				INICIO	FINAL	TOTAL		7:32:54 a. m.	7:53:19 a. m.	0:20:25		8:08:46 a. m.	8:52:36 a. m.	0:43:50		8:57:58 a. m.	9:03:14 a. m.	0:05:16		9:40:29 a. m.	10:54:25 a. m.	1:13:56		11:00:12 a. m.	11:12:18 a. m.	0:12:06		11:20:56 a. m.	11:57:48 a. m.	0:36:52		1:01:28 p. m.	2:08:37 p. m.	1:07:09				4:19:34		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">25 DE JUNIO</th> <th colspan="2">NIVELADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="4">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th colspan="2">TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7:01:51 a. m.</td> <td>7:42:51 a. m.</td> <td colspan="2">0:41:00</td> </tr> <tr> <td>7:45:15 a. m.</td> <td>7:49:46 a. m.</td> <td colspan="2">0:04:31</td> </tr> <tr> <td>11:30:50 a. m.</td> <td>11:35:13 a. m.</td> <td colspan="2">0:04:23</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">0:49:54</td> </tr> </tbody> </table>			25 DE JUNIO		NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO				INICIO	FINAL	TOTAL		7:01:51 a. m.	7:42:51 a. m.	0:41:00		7:45:15 a. m.	7:49:46 a. m.	0:04:31		11:30:50 a. m.	11:35:13 a. m.	0:04:23				0:49:54		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">26 DE JUNIO</th> <th colspan="2">NIVELADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="4">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th colspan="2">TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7:37:09 a. m.</td> <td>7:52:39 a. m.</td> <td colspan="2">0:15:30</td> </tr> <tr> <td>9:50:37 a. m.</td> <td>10:04:22 a. m.</td> <td colspan="2">0:13:45</td> </tr> <tr> <td>11:16:20 a. m.</td> <td>12:02:05 p. m.</td> <td colspan="2">0:45:45</td> </tr> <tr> <td>12:57:15 p. m.</td> <td>2:00:50 p. m.</td> <td colspan="2">1:03:35</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">2:18:35</td> </tr> </tbody> </table>			26 DE JUNIO		NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO				INICIO	FINAL	TOTAL		7:37:09 a. m.	7:52:39 a. m.	0:15:30		9:50:37 a. m.	10:04:22 a. m.	0:13:45		11:16:20 a. m.	12:02:05 p. m.	0:45:45		12:57:15 p. m.	2:00:50 p. m.	1:03:35				2:18:35		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">27 DE JUNIO</th> <th colspan="2">NIVELADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="4">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th colspan="2">TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7:44:16 a. m.</td> <td>10:14:02 a. m.</td> <td colspan="2">2:29:46</td> </tr> <tr> <td>10:20:15 a. m.</td> <td>10:24:19 a. m.</td> <td colspan="2">0:04:04</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">2:33:50</td> </tr> </tbody> </table>			27 DE JUNIO		NIVELADORA		HORAS TRABAJANDO				INICIO	FINAL	TOTAL		7:44:16 a. m.	10:14:02 a. m.	2:29:46		10:20:15 a. m.	10:24:19 a. m.	0:04:04				2:33:50	
24 DE JUNIO		NIVELADORA																																																																																																																																									
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																																											
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																																									
7:32:54 a. m.	7:53:19 a. m.	0:20:25																																																																																																																																									
8:08:46 a. m.	8:52:36 a. m.	0:43:50																																																																																																																																									
8:57:58 a. m.	9:03:14 a. m.	0:05:16																																																																																																																																									
9:40:29 a. m.	10:54:25 a. m.	1:13:56																																																																																																																																									
11:00:12 a. m.	11:12:18 a. m.	0:12:06																																																																																																																																									
11:20:56 a. m.	11:57:48 a. m.	0:36:52																																																																																																																																									
1:01:28 p. m.	2:08:37 p. m.	1:07:09																																																																																																																																									
		4:19:34																																																																																																																																									
25 DE JUNIO		NIVELADORA																																																																																																																																									
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																																											
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																																									
7:01:51 a. m.	7:42:51 a. m.	0:41:00																																																																																																																																									
7:45:15 a. m.	7:49:46 a. m.	0:04:31																																																																																																																																									
11:30:50 a. m.	11:35:13 a. m.	0:04:23																																																																																																																																									
		0:49:54																																																																																																																																									
26 DE JUNIO		NIVELADORA																																																																																																																																									
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																																											
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																																									
7:37:09 a. m.	7:52:39 a. m.	0:15:30																																																																																																																																									
9:50:37 a. m.	10:04:22 a. m.	0:13:45																																																																																																																																									
11:16:20 a. m.	12:02:05 p. m.	0:45:45																																																																																																																																									
12:57:15 p. m.	2:00:50 p. m.	1:03:35																																																																																																																																									
		2:18:35																																																																																																																																									
27 DE JUNIO		NIVELADORA																																																																																																																																									
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																																											
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																																									
7:44:16 a. m.	10:14:02 a. m.	2:29:46																																																																																																																																									
10:20:15 a. m.	10:24:19 a. m.	0:04:04																																																																																																																																									
		2:33:50																																																																																																																																									
											TOTAL HORAS		13:50:28																																																																																																																														
											Promedio hrs trabajadas / día		2:46:06																																																																																																																														

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 7.

1- COMPACTADORA: PROYECTO SAN RAFAEL - LLANO BONITO

LUNES		
08 DE ABRIL	COMPACTADORA	
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
8:39:08 a. m.	10:19:01 a. m.	1:39:53
10:20:28 a. m.	10:59:50 a. m.	0:39:22
11:02:07 a. m.	11:50:34 a. m.	0:48:27
1:17:01 p. m.	1:32:24 p. m.	0:15:23
1:32:42 p. m.	2:12:06 p. m.	0:39:24
		4:02:29

MARTES		
09 DE ABRIL	COMPACTADORA	
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
7:16:35 a. m.	8:07:49 a. m.	0:51:14
8:12:51 a. m.	11:37:11 a. m.	3:24:20
11:49:43 a. m.	11:52:30 a. m.	0:02:47
		4:18:21

MIÉRCOLES

JUEVES

VIERNES

TOTAL HORAS **8:20:50**

Promedio hrs trabajadas / día **4:10:25**

2- COMPACTADORA: PROYECTO CALLES URBANAS - VOLCÁN

LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES		
						10 DE ABRIL	COMPACTADORA		11 DE ABRIL	COMPACTADORA		12 DE ABRIL	COMPACTADORA	
						HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO		
	INICIO	FINAL		INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL
						8:42:49 a. m.	9:03:12 a. m.	0:20:23			0:00:00	7:10:06 a. m.	7:21:57 a. m.	0:11:51
						10:30:55 a. m.	11:05:20 a. m.	0:34:25			0:00:00	7:30:05 a. m.	8:11:24 a. m.	0:41:19
						11:40:58 a. m.	11:42:43 a. m.	0:01:45				8:11:38 a. m.	8:20:05 a. m.	0:08:27
						11:43:27 a. m.	11:58:45 a. m.	0:15:18				9:43:47 a. m.	9:46:45 a. m.	0:02:58
						12:59:45 p. m.	1:10:46 p. m.	0:11:01				10:06:38 a. m.	10:22:55 a. m.	0:16:17
						1:19:17 p. m.	1:35:54 p. m.	0:16:37				1:20:22 p. m.	1:31:41 p. m.	0:11:19
						1:46:58 p. m.	2:12:19 p. m.	0:25:21				1:48:46 p. m.	2:10:23 p. m.	0:21:37
						2:20:22 p. m.	2:35:00 p. m.	0:14:38				2:16:32 p. m.	2:30:16 p. m.	0:13:44
								2:19:28						2:07:32
15 DE ABRIL	COMPACTADORA		16 DE ABRIL	COMPACTADORA		17 DE ABRIL	COMPACTADORA		18 DE ABRIL	COMPACTADORA		19 DE ABRIL	COMPACTADORA	
HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO		
	INICIO	FINAL		INICIO	FINAL		INICIO	FINAL		INICIO	FINAL		INICIO	FINAL
								0:00:00						0:00:00
								0:00:00						0:00:00
								0:00:00						0:00:00
22 DE ABRIL	COMPACTADORA		23 DE ABRIL	COMPACTADORA		24 DE ABRIL	COMPACTADORA		25 DE ABRIL	COMPACTADORA		26 DE ABRIL	COMPACTADORA	
HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO		
	INICIO	FINAL		INICIO	FINAL		INICIO	FINAL		INICIO	FINAL		INICIO	FINAL
	8:20:17 a. m.	8:36:31 a. m.		6:54:52 a. m.	8:48:03 a. m.		6:59:35 a. m.	7:10:59 a. m.						0:00:00
	12:40:54 p. m.	1:18:26 p. m.		9:22:49 a. m.	9:29:11 a. m.		7:19:18 a. m.	7:45:47 a. m.						0:00:00
	1:45:21 p. m.	1:51:12 p. m.		9:32:13 a. m.	9:39:51 a. m.		8:02:35 a. m.	8:23:05 a. m.						0:00:00
	1:54:09 p. m.	1:54:56 p. m.		11:00:54 a. m.	11:03:18 a. m.		8:46:57 a. m.	9:06:02 a. m.						0:00:00
	1:57:26 p. m.	2:18:04 p. m.		1:07:50 p. m.	1:30:55 p. m.		9:32:02 a. m.	10:08:10 a. m.						0:00:00
	2:19:39 p. m.	2:40:54 p. m.		1:32:32 p. m.	1:34:03 p. m.		10:28:10 a. m.	10:45:03 a. m.						0:00:00
								0:16:53						0:00:00

	0:00:00	1:34:49 p. m.	1:57:24 p. m.	0:22:35	12:36:20 p. m.	12:49:59 p. m.	0:13:39
	0:00:00	2:16:45 p. m.	2:32:26 p. m.	0:15:41	1:20:42 p. m.	1:27:55 p. m.	0:07:13
	1:42:17			3:12:27			2:31:21

TOTAL HORAS	11:53:05
Promedio hrs trabajadas / día	2:22:37

3- COMPACTADORA: PROYECTO PLATANARES - VILLA HERMOSA

LUNES		
29 DE ABRIL	COMPACTADORA	
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
8:45:20 a. m.	8:53:31 a. m.	0:08:11
9:21:02 a. m.	9:28:21 a. m.	0:07:19
9:55:25 a. m.	10:02:47 a. m.	0:07:22
11:30:08 a. m.	11:37:22 a. m.	0:07:14
12:39:21 p. m.	12:55:28 p. m.	0:16:07
1:04:33 p. m.	1:18:50 p. m.	0:14:17
1:24:45 p. m.	1:41:40 p. m.	0:16:55
1:47:56 p. m.	1:50:49 p. m.	0:02:53
2:00:00 p. m.	2:07:55 p. m.	0:07:55
2:11:03 p. m.	2:13:37 p. m.	0:02:34
2:18:27 p. m.	2:32:18 p. m.	0:13:51
		1:44:38

MARTES		
30 DE ABRIL	COMPACTADORA	
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
6:39:30 a. m.	6:46:08 a. m.	0:06:38
6:46:54 a. m.	7:05:26 a. m.	0:18:32
8:35:21 a. m.	8:44:15 a. m.	0:08:54
8:45:40 a. m.	8:52:44 a. m.	0:07:04
11:47:26 a. m.	11:50:25 a. m.	0:02:59
12:43:13 p. m.	1:23:18 p. m.	0:40:05
1:28:52 p. m.	1:32:43 p. m.	0:03:51
2:21:13 p. m.	2:37:27 p. m.	0:16:14
		1:44:17

MIÉRCOLES		
01 DE MAYO	COMPACTADORA	
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
		0:00:00
		0:00:00

Feriado día del trabajador

JUEVES		
02 DE MAYO	COMPACTADORA	
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
8:34:38 a. m.	8:38:09 a. m.	0:03:31
9:03:22 a. m.	9:08:11 a. m.	0:04:49
9:13:26 a. m.	10:10:34 a. m.	0:57:08
10:40:13 a. m.	11:06:01 a. m.	0:25:48
11:06:13 a. m.	11:58:49 a. m.	0:52:36
1:25:27 p. m.	2:06:54 p. m.	0:41:27
		3:05:19

VIERNES		
03 DE MAYO	COMPACTADORA	
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
7:01:00 a. m.	7:08:49 a. m.	0:07:49
7:35:20 a. m.	7:41:54 a. m.	0:06:34
7:56:03 a. m.	8:37:07 a. m.	0:41:04
8:38:12 a. m.	8:43:57 a. m.	0:05:45
9:32:26 a. m.	9:47:53 a. m.	0:15:27
		1:16:39

TOTAL HORAS **7:50:53**

Promedio hrs trabajadas / día **1:57:43**

4- COMPACTADORA: PROYECTO SAN ANTONIO - VOLCANCITO

LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES																																																																																																																																																																																															
												<table border="1"> <thead> <tr> <th>31 DE MAYO</th> <th colspan="2">COMPACTADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8:53:58 a. m.</td> <td>9:34:12 a. m.</td> <td>0:40:14</td> </tr> <tr> <td>9:40:29 a. m.</td> <td>9:44:57 a. m.</td> <td>0:04:28</td> </tr> <tr> <td>10:09:48 a. m.</td> <td>10:25:23 a. m.</td> <td>0:15:35</td> </tr> <tr> <td>10:35:27 a. m.</td> <td>10:38:55 a. m.</td> <td>0:03:28</td> </tr> <tr> <td>10:58:10 a. m.</td> <td>10:59:46 a. m.</td> <td>0:01:36</td> </tr> <tr> <td>12:53:26 p. m.</td> <td>12:54:52 p. m.</td> <td>0:01:26</td> </tr> <tr> <td>1:04:15 p. m.</td> <td>2:05:59 p. m.</td> <td>1:01:44</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>2:08:31</td> </tr> </tbody> </table>			31 DE MAYO	COMPACTADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL	8:53:58 a. m.	9:34:12 a. m.	0:40:14	9:40:29 a. m.	9:44:57 a. m.	0:04:28	10:09:48 a. m.	10:25:23 a. m.	0:15:35	10:35:27 a. m.	10:38:55 a. m.	0:03:28	10:58:10 a. m.	10:59:46 a. m.	0:01:36	12:53:26 p. m.	12:54:52 p. m.	0:01:26	1:04:15 p. m.	2:05:59 p. m.	1:01:44			2:08:31																																																																																																																																																												
31 DE MAYO	COMPACTADORA																																																																																																																																																																																																										
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																																																																																																											
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																																																																																																									
8:53:58 a. m.	9:34:12 a. m.	0:40:14																																																																																																																																																																																																									
9:40:29 a. m.	9:44:57 a. m.	0:04:28																																																																																																																																																																																																									
10:09:48 a. m.	10:25:23 a. m.	0:15:35																																																																																																																																																																																																									
10:35:27 a. m.	10:38:55 a. m.	0:03:28																																																																																																																																																																																																									
10:58:10 a. m.	10:59:46 a. m.	0:01:36																																																																																																																																																																																																									
12:53:26 p. m.	12:54:52 p. m.	0:01:26																																																																																																																																																																																																									
1:04:15 p. m.	2:05:59 p. m.	1:01:44																																																																																																																																																																																																									
		2:08:31																																																																																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>03 DE JUNIO</th> <th colspan="2">COMPACTADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8:15:03 a. m.</td> <td>8:18:55 a. m.</td> <td>0:03:52</td> </tr> <tr> <td>8:40:10 a. m.</td> <td>8:42:22 a. m.</td> <td>0:02:12</td> </tr> <tr> <td>8:45:17 a. m.</td> <td>8:46:45 a. m.</td> <td>0:01:28</td> </tr> <tr> <td>10:07:43 a. m.</td> <td>10:32:58 a. m.</td> <td>0:25:15</td> </tr> <tr> <td>10:48:18 a. m.</td> <td>11:10:46 a. m.</td> <td>0:22:28</td> </tr> <tr> <td>11:36:26 a. m.</td> <td>12:04:13 p. m.</td> <td>0:27:47</td> </tr> <tr> <td>1:19:56 p. m.</td> <td>1:53:03 p. m.</td> <td>0:33:07</td> </tr> <tr> <td>1:56:19 p. m.</td> <td>2:16:17 p. m.</td> <td>0:19:58</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>2:16:07</td> </tr> </tbody> </table>			03 DE JUNIO	COMPACTADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL	8:15:03 a. m.	8:18:55 a. m.	0:03:52	8:40:10 a. m.	8:42:22 a. m.	0:02:12	8:45:17 a. m.	8:46:45 a. m.	0:01:28	10:07:43 a. m.	10:32:58 a. m.	0:25:15	10:48:18 a. m.	11:10:46 a. m.	0:22:28	11:36:26 a. m.	12:04:13 p. m.	0:27:47	1:19:56 p. m.	1:53:03 p. m.	0:33:07	1:56:19 p. m.	2:16:17 p. m.	0:19:58			2:16:07	<table border="1"> <thead> <tr> <th>04 DE JUNIO</th> <th colspan="2">COMPACTADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7:17:16 a. m.</td> <td>7:25:50 a. m.</td> <td>0:08:34</td> </tr> <tr> <td>7:44:36 a. m.</td> <td>8:02:11 a. m.</td> <td>0:17:35</td> </tr> <tr> <td>8:10:07 a. m.</td> <td>8:24:59 a. m.</td> <td>0:14:52</td> </tr> <tr> <td>9:20:12 a. m.</td> <td>9:57:18 a. m.</td> <td>0:37:06</td> </tr> <tr> <td>10:25:11 a. m.</td> <td>11:25:01 a. m.</td> <td>0:59:50</td> </tr> <tr> <td>11:43:59 a. m.</td> <td>11:56:35 a. m.</td> <td>0:12:36</td> </tr> <tr> <td>11:56:55 a. m.</td> <td>12:05:32 p. m.</td> <td>0:08:37</td> </tr> <tr> <td>1:08:38 p. m.</td> <td>2:00:47 p. m.</td> <td>0:52:09</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>3:31:19</td> </tr> </tbody> </table>			04 DE JUNIO	COMPACTADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL	7:17:16 a. m.	7:25:50 a. m.	0:08:34	7:44:36 a. m.	8:02:11 a. m.	0:17:35	8:10:07 a. m.	8:24:59 a. m.	0:14:52	9:20:12 a. m.	9:57:18 a. m.	0:37:06	10:25:11 a. m.	11:25:01 a. m.	0:59:50	11:43:59 a. m.	11:56:35 a. m.	0:12:36	11:56:55 a. m.	12:05:32 p. m.	0:08:37	1:08:38 p. m.	2:00:47 p. m.	0:52:09			3:31:19	<table border="1"> <thead> <tr> <th>05 DE JUNIO</th> <th colspan="2">COMPACTADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7:03:01 a. m.</td> <td>7:13:29 a. m.</td> <td>0:10:28</td> </tr> <tr> <td>7:14:24 a. m.</td> <td>7:17:06 a. m.</td> <td>0:02:42</td> </tr> <tr> <td>7:18:05 a. m.</td> <td>7:27:28 a. m.</td> <td>0:09:23</td> </tr> <tr> <td>7:28:09 a. m.</td> <td>7:54:14 a. m.</td> <td>0:26:05</td> </tr> <tr> <td>7:58:07 a. m.</td> <td>8:16:17 a. m.</td> <td>0:18:10</td> </tr> <tr> <td>8:29:35 a. m.</td> <td>8:33:15 a. m.</td> <td>0:03:40</td> </tr> <tr> <td>8:34:56 a. m.</td> <td>8:39:58 a. m.</td> <td>0:05:02</td> </tr> <tr> <td>8:40:53 a. m.</td> <td>8:53:07 a. m.</td> <td>0:12:14</td> </tr> <tr> <td>8:54:06 a. m.</td> <td>9:07:39 a. m.</td> <td>0:13:33</td> </tr> <tr> <td>9:23:58 a. m.</td> <td>9:35:01 a. m.</td> <td>0:11:03</td> </tr> <tr> <td>9:35:25 a. m.</td> <td>9:38:15 a. m.</td> <td>0:02:50</td> </tr> <tr> <td>9:58:25 a. m.</td> <td>10:11:00 a. m.</td> <td>0:12:35</td> </tr> </tbody> </table>			05 DE JUNIO	COMPACTADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL	7:03:01 a. m.	7:13:29 a. m.	0:10:28	7:14:24 a. m.	7:17:06 a. m.	0:02:42	7:18:05 a. m.	7:27:28 a. m.	0:09:23	7:28:09 a. m.	7:54:14 a. m.	0:26:05	7:58:07 a. m.	8:16:17 a. m.	0:18:10	8:29:35 a. m.	8:33:15 a. m.	0:03:40	8:34:56 a. m.	8:39:58 a. m.	0:05:02	8:40:53 a. m.	8:53:07 a. m.	0:12:14	8:54:06 a. m.	9:07:39 a. m.	0:13:33	9:23:58 a. m.	9:35:01 a. m.	0:11:03	9:35:25 a. m.	9:38:15 a. m.	0:02:50	9:58:25 a. m.	10:11:00 a. m.	0:12:35	<table border="1"> <thead> <tr> <th>06 DE JUNIO</th> <th colspan="2">COMPACTADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9:00:56 a. m.</td> <td>9:34:45 a. m.</td> <td>0:33:49</td> </tr> <tr> <td>9:36:48 a. m.</td> <td>10:08:20 a. m.</td> <td>0:31:32</td> </tr> <tr> <td>10:09:31 a. m.</td> <td>11:24:59 a. m.</td> <td>1:15:28</td> </tr> <tr> <td>11:33:42 a. m.</td> <td>11:58:32 a. m.</td> <td>0:24:50</td> </tr> <tr> <td>12:52:12 p. m.</td> <td>1:35:23 p. m.</td> <td>0:43:11</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>3:28:50</td> </tr> </tbody> </table>			06 DE JUNIO	COMPACTADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL	9:00:56 a. m.	9:34:45 a. m.	0:33:49	9:36:48 a. m.	10:08:20 a. m.	0:31:32	10:09:31 a. m.	11:24:59 a. m.	1:15:28	11:33:42 a. m.	11:58:32 a. m.	0:24:50	12:52:12 p. m.	1:35:23 p. m.	0:43:11			3:28:50	<table border="1"> <thead> <tr> <th>07 DE JUNIO</th> <th colspan="2">COMPACTADORA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">HORAS TRABAJANDO</th> </tr> <tr> <th>INICIO</th> <th>FINAL</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7:20:23 a. m.</td> <td>8:16:27 a. m.</td> <td>0:56:04</td> </tr> <tr> <td>8:28:26 a. m.</td> <td>8:55:54 a. m.</td> <td>0:27:28</td> </tr> <tr> <td>8:59:15 a. m.</td> <td>9:06:25 a. m.</td> <td>0:07:10</td> </tr> <tr> <td>9:35:06 a. m.</td> <td>9:55:38 a. m.</td> <td>0:20:32</td> </tr> <tr> <td>9:57:00 a. m.</td> <td>10:11:50 a. m.</td> <td>0:14:50</td> </tr> <tr> <td>10:17:20 a. m.</td> <td>10:22:28 a. m.</td> <td>0:05:08</td> </tr> <tr> <td>10:26:01 a. m.</td> <td>10:27:08 a. m.</td> <td>0:01:07</td> </tr> <tr> <td>10:42:16 a. m.</td> <td>11:18:11 a. m.</td> <td>0:35:55</td> </tr> <tr> <td>11:19:09 a. m.</td> <td>11:39:33 a. m.</td> <td>0:20:24</td> </tr> <tr> <td>11:49:58 a. m.</td> <td>12:02:57 p. m.</td> <td>0:12:59</td> </tr> <tr> <td>1:01:59 p. m.</td> <td>2:10:33 p. m.</td> <td>1:08:34</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>4:30:11</td> </tr> </tbody> </table>			07 DE JUNIO	COMPACTADORA		HORAS TRABAJANDO			INICIO	FINAL	TOTAL	7:20:23 a. m.	8:16:27 a. m.	0:56:04	8:28:26 a. m.	8:55:54 a. m.	0:27:28	8:59:15 a. m.	9:06:25 a. m.	0:07:10	9:35:06 a. m.	9:55:38 a. m.	0:20:32	9:57:00 a. m.	10:11:50 a. m.	0:14:50	10:17:20 a. m.	10:22:28 a. m.	0:05:08	10:26:01 a. m.	10:27:08 a. m.	0:01:07	10:42:16 a. m.	11:18:11 a. m.	0:35:55	11:19:09 a. m.	11:39:33 a. m.	0:20:24	11:49:58 a. m.	12:02:57 p. m.	0:12:59	1:01:59 p. m.	2:10:33 p. m.	1:08:34			4:30:11
03 DE JUNIO	COMPACTADORA																																																																																																																																																																																																										
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																																																																																																											
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																																																																																																									
8:15:03 a. m.	8:18:55 a. m.	0:03:52																																																																																																																																																																																																									
8:40:10 a. m.	8:42:22 a. m.	0:02:12																																																																																																																																																																																																									
8:45:17 a. m.	8:46:45 a. m.	0:01:28																																																																																																																																																																																																									
10:07:43 a. m.	10:32:58 a. m.	0:25:15																																																																																																																																																																																																									
10:48:18 a. m.	11:10:46 a. m.	0:22:28																																																																																																																																																																																																									
11:36:26 a. m.	12:04:13 p. m.	0:27:47																																																																																																																																																																																																									
1:19:56 p. m.	1:53:03 p. m.	0:33:07																																																																																																																																																																																																									
1:56:19 p. m.	2:16:17 p. m.	0:19:58																																																																																																																																																																																																									
		2:16:07																																																																																																																																																																																																									
04 DE JUNIO	COMPACTADORA																																																																																																																																																																																																										
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																																																																																																											
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																																																																																																									
7:17:16 a. m.	7:25:50 a. m.	0:08:34																																																																																																																																																																																																									
7:44:36 a. m.	8:02:11 a. m.	0:17:35																																																																																																																																																																																																									
8:10:07 a. m.	8:24:59 a. m.	0:14:52																																																																																																																																																																																																									
9:20:12 a. m.	9:57:18 a. m.	0:37:06																																																																																																																																																																																																									
10:25:11 a. m.	11:25:01 a. m.	0:59:50																																																																																																																																																																																																									
11:43:59 a. m.	11:56:35 a. m.	0:12:36																																																																																																																																																																																																									
11:56:55 a. m.	12:05:32 p. m.	0:08:37																																																																																																																																																																																																									
1:08:38 p. m.	2:00:47 p. m.	0:52:09																																																																																																																																																																																																									
		3:31:19																																																																																																																																																																																																									
05 DE JUNIO	COMPACTADORA																																																																																																																																																																																																										
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																																																																																																											
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																																																																																																									
7:03:01 a. m.	7:13:29 a. m.	0:10:28																																																																																																																																																																																																									
7:14:24 a. m.	7:17:06 a. m.	0:02:42																																																																																																																																																																																																									
7:18:05 a. m.	7:27:28 a. m.	0:09:23																																																																																																																																																																																																									
7:28:09 a. m.	7:54:14 a. m.	0:26:05																																																																																																																																																																																																									
7:58:07 a. m.	8:16:17 a. m.	0:18:10																																																																																																																																																																																																									
8:29:35 a. m.	8:33:15 a. m.	0:03:40																																																																																																																																																																																																									
8:34:56 a. m.	8:39:58 a. m.	0:05:02																																																																																																																																																																																																									
8:40:53 a. m.	8:53:07 a. m.	0:12:14																																																																																																																																																																																																									
8:54:06 a. m.	9:07:39 a. m.	0:13:33																																																																																																																																																																																																									
9:23:58 a. m.	9:35:01 a. m.	0:11:03																																																																																																																																																																																																									
9:35:25 a. m.	9:38:15 a. m.	0:02:50																																																																																																																																																																																																									
9:58:25 a. m.	10:11:00 a. m.	0:12:35																																																																																																																																																																																																									
06 DE JUNIO	COMPACTADORA																																																																																																																																																																																																										
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																																																																																																											
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																																																																																																									
9:00:56 a. m.	9:34:45 a. m.	0:33:49																																																																																																																																																																																																									
9:36:48 a. m.	10:08:20 a. m.	0:31:32																																																																																																																																																																																																									
10:09:31 a. m.	11:24:59 a. m.	1:15:28																																																																																																																																																																																																									
11:33:42 a. m.	11:58:32 a. m.	0:24:50																																																																																																																																																																																																									
12:52:12 p. m.	1:35:23 p. m.	0:43:11																																																																																																																																																																																																									
		3:28:50																																																																																																																																																																																																									
07 DE JUNIO	COMPACTADORA																																																																																																																																																																																																										
HORAS TRABAJANDO																																																																																																																																																																																																											
INICIO	FINAL	TOTAL																																																																																																																																																																																																									
7:20:23 a. m.	8:16:27 a. m.	0:56:04																																																																																																																																																																																																									
8:28:26 a. m.	8:55:54 a. m.	0:27:28																																																																																																																																																																																																									
8:59:15 a. m.	9:06:25 a. m.	0:07:10																																																																																																																																																																																																									
9:35:06 a. m.	9:55:38 a. m.	0:20:32																																																																																																																																																																																																									
9:57:00 a. m.	10:11:50 a. m.	0:14:50																																																																																																																																																																																																									
10:17:20 a. m.	10:22:28 a. m.	0:05:08																																																																																																																																																																																																									
10:26:01 a. m.	10:27:08 a. m.	0:01:07																																																																																																																																																																																																									
10:42:16 a. m.	11:18:11 a. m.	0:35:55																																																																																																																																																																																																									
11:19:09 a. m.	11:39:33 a. m.	0:20:24																																																																																																																																																																																																									
11:49:58 a. m.	12:02:57 p. m.	0:12:59																																																																																																																																																																																																									
1:01:59 p. m.	2:10:33 p. m.	1:08:34																																																																																																																																																																																																									
		4:30:11																																																																																																																																																																																																									

11:11:24 a. m.	11:56:10 a. m.	0:44:46
1:07:05 p. m.	1:14:37 p. m.	0:07:32
1:15:04 p. m.	1:18:29 p. m.	0:03:25
1:27:17 p. m.	1:41:04 p. m.	0:13:47
		3:17:15

10 DE JUNIO		COMPACTADORA
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
7:07:18 a. m.	8:54:02 a. m.	1:46:44
9:40:40 a. m.	9:41:36 a. m.	0:00:56
10:04:24 a. m.	10:29:44 a. m.	0:25:20
11:02:05 a. m.	11:32:59 a. m.	0:30:54
12:55:26 p. m.	1:09:55 p. m.	0:14:29
1:21:27 p. m.	1:39:00 p. m.	0:17:33
		3:15:56

11 DE JUNIO		COMPACTADORA
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
10:19:36 a. m.	10:28:28 a. m.	0:08:52
11:21:27 a. m.	11:26:56 a. m.	0:05:29
11:29:00 a. m.	11:37:29 a. m.	0:08:29
11:42:22 a. m.	12:49:22 p. m.	1:07:00
12:55:59 p. m.	1:21:05 p. m.	0:25:06
		1:54:56

12 DE JUNIO		COMPACTADORA
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
		0:00:00

13 DE JUNIO		COMPACTADORA
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
9:16:44 a. m.	12:03:00 p. m.	2:46:16
12:55:42 p. m.	1:42:20 p. m.	0:46:38
		3:32:54

14 DE JUNIO		COMPACTADORA
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
8:17:29 a. m.	9:02:29 a. m.	0:45:00
11:17:18 a. m.	11:50:46 a. m.	0:33:28
1:22:57 p. m.	1:42:03 p. m.	0:19:06
1:50:29 p. m.	2:07:08 p. m.	0:16:39
		1:54:13

17 DE JUNIO		COMPACTADORA
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
7:26:04 a. m.	9:11:21 a. m.	1:45:17
9:15:01 a. m.	9:43:22 a. m.	0:28:21
10:07:43 a. m.	10:30:07 a. m.	0:22:24
10:52:18 a. m.	11:15:06 a. m.	0:22:48
1:32:10 p. m.	2:20:48 p. m.	0:48:38
		3:47:28

18 DE JUNIO		COMPACTADORA
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
7:23:10 a. m.	8:11:45 a. m.	0:48:35
8:12:50 a. m.	8:21:52 a. m.	0:09:02
8:34:25 a. m.	10:39:06 a. m.	2:04:41
10:39:16 a. m.	10:47:42 a. m.	0:08:26
10:48:11 a. m.	10:59:48 a. m.	0:11:37
1:11:20 p. m.	1:38:20 p. m.	0:27:00
1:50:18 p. m.	2:12:15 p. m.	0:21:57
		4:11:18

19 DE JUNIO		COMPACTADORA
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
7:19:20 a. m.	8:10:45 a. m.	0:51:25
8:14:40 a. m.	8:31:35 a. m.	0:16:55
8:31:58 a. m.	9:25:09 a. m.	0:53:11
9:25:38 a. m.	9:46:45 a. m.	0:21:07
9:55:36 a. m.	9:57:41 a. m.	0:02:05
10:11:08 a. m.	10:20:00 a. m.	0:08:52
10:57:16 a. m.	11:47:26 a. m.	0:50:10
1:31:16 p. m.	2:16:03 p. m.	0:44:47
		4:08:32

20 DE JUNIO		COMPACTADORA
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
7:54:27 a. m.	8:11:56 a. m.	0:17:29
8:22:19 a. m.	9:04:05 a. m.	0:41:46
9:04:34 a. m.	9:55:45 a. m.	0:51:11
9:56:06 a. m.	11:35:27 a. m.	1:39:21
11:52:20 a. m.	12:26:56 p. m.	0:34:36
1:26:38 p. m.	1:52:44 p. m.	0:26:06
		4:30:29

21 DE JUNIO		COMPACTADORA
HORAS TRABAJANDO		
INICIO	FINAL	TOTAL
7:20:20 a. m.	8:40:55 a. m.	1:20:35
8:42:14 a. m.	9:13:16 a. m.	0:31:02
		1:51:37

TOTAL HORAS **48:19:36**

Promedio hrs trabajadas / día **3:13:18**

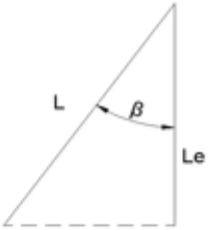
5- COMPACTADORA: PROYECTO IGLESIA TÉRRABA - CEMENTERIO TÉRRABA

LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES		
												21 DE JUNIO	NIVELADORA	
												HORAS TRABAJANDO		
												INICIO	FINAL	TOTAL
												10:27:36 a. m.	10:32:00 a. m.	0:04:24
												10:36:59 a. m.	11:16:59 a. m.	0:40:00
												11:25:33 a. m.	11:46:58 a. m.	0:21:25
												1:04:31 p. m.	1:54:15 p. m.	0:49:44
												2:10:43 p. m.	2:23:31 p. m.	0:12:48
														2:08:21
24 DE JUNIO	NIVELADORA		25 DE JUNIO	NIVELADORA		26 DE JUNIO	NIVELADORA		27 DE JUNIO	NIVELADORA				
HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO			HORAS TRABAJANDO					
INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL	INICIO	FINAL	TOTAL			
8:07:23 a. m.	8:27:43 a. m.	0:20:20	7:20:03 a. m.	8:10:13 a. m.	0:50:10	7:39:28 a. m.	8:03:18 a. m.	0:23:50	7:14:48 a. m.	7:22:20 a. m.	0:07:32			
8:34:45 a. m.	8:42:42 a. m.	0:07:57	8:30:41 a. m.	8:34:11 a. m.	0:03:30	10:05:24 a. m.	10:42:42 a. m.	0:37:18	7:44:31 a. m.	7:55:12 a. m.	0:10:41			
8:48:13 a. m.	8:55:44 a. m.	0:07:31	11:27:18 a. m.	11:33:41 a. m.	0:06:23	11:16:46 a. m.	11:20:30 a. m.	0:03:44	7:58:28 a. m.	8:15:56 a. m.	0:17:28			
9:18:21 a. m.	9:23:44 a. m.	0:05:23			1:00:03	11:38:22 a. m.	12:00:20 p. m.	0:21:58	8:48:43 a. m.	9:57:46 a. m.	1:09:03			
9:59:28 a. m.	10:16:07 a. m.	0:16:39				12:57:47 p. m.	1:12:50 p. m.	0:15:03	10:25:07 a. m.	11:02:01 a. m.	0:36:54			
10:28:23 a. m.	10:37:18 a. m.	0:08:55				1:14:56 p. m.	1:24:45 p. m.	0:09:49	11:25:32 a. m.	11:35:15 a. m.	0:09:43			
10:40:34 a. m.	12:12:10 p. m.	1:31:36				1:50:19 p. m.	2:10:33 p. m.	0:20:14			2:31:21			
1:06:22 p. m.	1:16:18 p. m.	0:09:56						2:11:56						
		2:48:17												
											TOTAL HORAS		10:39:58	
											Promedio hrs trabajadas / día		2:08:00	

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 8.

d: distancia recorrida en cada pasada, m.	d=	80.00 m	
Le: ancho útil en cada pasada, m.			
$L_e = L * \cos \beta$	L=	3.70 m	
	B=	30	
	Le=	3.20 m	
Lo: ancho de traslape, m.	Lo=	0.60 m	
T: duración del ciclo para efectuar cada pasada, min.			
$T = \frac{d}{V_a} + \frac{d}{V_r} + t_f$	Va=	5.00 km/h	83.33 m/min
	Vr=	15.00 km/h	250.00 m/min
	Tf=	1.00 min	
	T=	2.28 min	
N: número de pasadas.	N=	7	
FH: Factor de hoja			
E: factor de eficiencia del trabajo			
P: factor de pendiente			
	FH=	0.8	
	E=	0.83	
	P=	0.93	
	R=	485.61 m²/h	



El ancho de superposición es generalmente 0,6 m (2,0 pies).
Esta superposición es para mantener los neumáticos fuera de los camellones en la pasada de retorno.

$$Rendimiento = \frac{60 * d * (L_e - L_o) * F_H * E * P}{N * T} \left(\frac{m^2}{h} \right)$$

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 9.

$$R = \frac{W * V * E}{N}$$

W: Ancho efectivo de compactación (m)

Ancho rodillo=	2.13 m
Lo=	0.20 m
W=	1.93 m

V: Velocidad de operación (km/h)

V=	7.0 km/h	7000.0 m/h
----	----------	------------

N: Número de pasadas

N=	10
----	----

E: Eficiencia del trabajo

E=	0.83
----	------

R= 1125.83 m²/h

Fuente: Elaboración propia