

Auxiliar de ingeniería en la empresa COINCAR S.A.S para el análisis, verificación y ejecución de los procesos constructivos de pavimentos rígidos.

Hector David Mantilla Blanco

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Luis Alberto Capacho Silva

Ingeniero Civil M. Sc. Ciencias de la Computación

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

Dedicado a mi familia, especialmente a mis padres Hector Julio Mantilla Mantilla y Nohora Rubiela Blanco Tristancho, quienes han sido mi ejemplo de superación y perseverancia, y mis mayores mentores en lo largo de mi vida, apoyándome en cada sueño y acompañándome hasta llegar a la meta; a mis hermanos Edgar Daniel Mantilla Blanco, María Paula Mantilla Blanco y Yuri Marcela Mantilla Rueda, quienes siempre me han brindado su mano y palabras de aliento cuando más lo he necesitado.

A mis mejores amigos y compañeros de universidad Braiand Higuera, Karen Cala, Santiago Villamizar y Jose Mantilla, quienes compartieron conmigo el sube y baja de emociones de la vida universitaria y me hicieron sentir en casa en una ciudad totalmente nueva para mí, sin ellos, esta etapa no hubiese sido igual de memorable.

Agradecimientos

Agradezco a COINCAR S.A.S por brindarme la oportunidad de aprender y ampliar conocimientos de ingeniería civil, y por recibirme y apoyarme como un compañero más. A mi hermano e ingeniero civil Edgar Daniel Mantilla Blanco, por sus consejos, apoyo y enseñanzas profesionales técnicas y éticas. A mi tutor Libardo Jose Cuello Herrera, al ingeniero Álvaro Nieto y al maestro Ernesto Florez por su guía en el proyecto y las críticas constructivas para mi crecimiento como ingeniero. Al personal de obra, oficiales, ayudantes y operarios, en especial al maestro Ander Arias y al interventor Francisco Campillo, quienes por medio de su experticia me hicieron entender un poco más el desarrollo de los procesos constructivos de un pavimento rígido.

Agradezco también a mi director de proyecto, Luis Alberto Capacho Silva, por sus correcciones y guía en el planteamiento y formulación de este, aprecio la oportunidad de que haya sido mi director y todo el conocimiento brindado. También agradezco a mis profesores, quienes aportaron su granito de arena en mi formación como ingeniero y me enseñaron cosas que me servirán para la vida.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
2. Objetivos.....	13
2.1 Objetivo General.....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3. Marco de referencia	14
3.1 Marco legal	14
3.1.1 Descripción de la empresa	14
3.1.2 Misión	14
3.1.3 Visión.....	15
3.2 Entidades reguladoras, marco legal	15
3.3 Marco conceptual.....	15
3.3.1 Diseño de pavimento rígido.....	16
3.3.2 Base granular	16
3.3.3 Subbase granular.....	16
3.3.4 Afirmados	17
3.3.5 Concreto.....	17
3.3.6 Losas de concreto hidráulico para pavimento rígido	18
3.3.7 Juntas.....	18
4. Metodología	18
4.1 Fase 1: Desarrollo de procesos constructivos en campo.....	19
4.2 Fase 2: Toma de datos respecto al rendimiento de mano de obra	19

4.3 Fase 3: Análisis de datos en oficina.....	20
5. Resultados.....	20
5.1 Conocimiento detallado del proyecto	20
5.2 Monitoreo de criterios de calidad en la construcción de un pavimento rígido	21
5.2.1 Demolición de losas en concreto hidráulico afectadas	21
5.2.2 Excavación en material común con maquina.....	22
5.2.3 Conformación de calzada y extendido de subbase granular	23
5.2.4 Armado de formaletas y chequeo para espesor de losa de concreto.....	23
5.2.5 Fundida de concreto para pavimento rígido.....	24
5.2.6 Toma de muestras de concreto para ensayos de laboratorio.....	26
5.2.7 Vibrado de concreto.....	27
5.2.8 Texturizado y retiro de formaletas.....	28
5.2.9 Aplicación de antisol.....	29
5.2.10 Corte de losas.....	29
5.2.11 Limpieza y sello de juntas.....	30
5.3 Toma de datos de rendimiento de mano de obra	31
5.3.1 Recolección de datos en barrio 25 de Diciembre.....	31
5.3.2 Recolección de datos en barrio Chiriquí.....	32
5.3.3 Recolección de datos en barrio Amaneceres del valle.....	33
5.3.4 Recolección de datos en barrio Las Manuelitas.....	34
5.4 Contraste de rendimiento de mano de obra con datos del INVIAS.....	35
6. Conclusiones.....	37
7. Recomendaciones	38

Referencias Bibliográficas 39

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Datos de campo tomados en el barrio 25 de Diciembre	31
Tabla 2. Datos de campo tomados en el barrio Chiriquí.....	32
Tabla 3. Datos de campo tomados en el barrio Amaneceres del valle	33
Tabla 4. Datos de campo tomados en el barrio Las Manuelitas	34
Tabla 5. Rendimiento de mano de obra en la construcción de un pavimento rígido INVIAS	35

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Demolición de losas en concreto hidráulico con minicargador.....	21
Figura 2. Excavación en material comun en barrio Chiriquí.....	22
Figura 3. Reparación de tuberías de agua potable y alcantarillado.....	22
Figura 4. Extendido y compactación de subbase granular con máquina	23
Figura 5. Armado de formaletas y chequeo de espesor para losa de concreto	24
Figura 6. Fundida de concreto hidráulico para losas de pavimento rígido	25
Figura 7. Instalación de canastillas con barras de transferencia de carga.....	25
Figura 8. Instalación de barras corrugadas de amarre.....	26
Figura 9. Elaboración de cilindros y viguetas en concreto	26
Figura 10. Uso de vibrador de aguja para concreto	27
Figura 11. Uso de regla vibratoria de concreto.....	27
Figura 12. Uso de flota para texturizado del concreto	28
Figura 13. Uso de rastrillo para rayado del concreto	28
Figura 14. Esparcimiento de antisol en placas de concreto hidráulico	29
Figura 15. Corte de losas de concreto.....	30
Figura 16. Aplicación de sello de juntas.....	30

Resumen

Título: Auxiliar de ingeniería en la empresa COINCAR S.A.S para el análisis, verificación y ejecución de los procesos constructivos de pavimentos rígidos*

Autor: Hector David Mantilla Blanco**

Palabras Clave: Rendimiento, Pavimento, Calidad

Descripción: El trabajo de grado en cuestión contempla las actividades realizadas como auxiliar de ingeniería en la empresa COINCAR S.A.S para el apoyo y análisis en la construcción de pavimentos rígidos, además de un estudio realizado respecto al rendimiento de la mano de obra. Durante los cuatro meses de prácticas, se hizo supervisión y toma de datos de campo en las fases de un proyecto de obra civil ejecutado en Valledupar, Cesar, como lo son “Operación tapa huecos” y la construcción de pavimentos rígidos en barrios como “25 de Diciembre”, “Chiriquí”, “Amaneceres del valle” y “Las Manuelitas”. En el tiempo transcurrido de este periodo se logró cumplir los objetivos propuestos en el plan de trabajo siguiendo la metodología y la programación en conjunto con la empresa. Durante esta etapa se realizó un monitoreo de los criterios de calidad para la construcción de un pavimento rígido en diferentes puntos de la ciudad, los cuales involucraban todas las actividades que deben desarrollarse y la forma correcta de hacerlo según el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) (INVIAS, 2022), también se hizo un registro de datos tomados en campo del rendimiento de la mano de obra y un contraste con los proporcionados por el INVIAS (INVIAS, 2024). Todo esto se desarrolló en compañía del ingeniero residente y del tutor de las prácticas, quienes delegaron actividades y responsabilidades para la adquisición de conocimiento y aptitudes idóneas para un ingeniero civil.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil. Director: Luis Alberto Capacho Silva. Ingeniero Civil M. Sc. Ciencias de la Computación.

Abstract

Title: Engineering assistant at COINCAR S.A.S for the analysis, verification, and execution of rigid pavement construction processes *

Author(s): Hector David Mantilla Blanco**

Key Words: Performance, Pavement, Quality

Description: The thesis in question covers the activities carried out as an engineering assistant at COINCAR S.A.S. for support and analysis in the construction of rigid pavements, as well as a study conducted on the performance of the workforce. During the four months of the internship, field supervision and data collection were carried out in the phases of a civil engineering project executed in Valledupar, Cesar, such as the "Operación tapa huecos" and the construction of rigid pavements in neighborhoods like "25 de Diciembre," "Chiriquí," "Amaneceres del valle," and "Las Manuelitas." Throughout this period, the proposed objectives in the work plan were achieved, following the methodology and schedule in collaboration with the company. During this stage, a monitoring of the quality criteria for the construction of rigid pavements was carried out at different points in the city, which involved all the activities that need to be developed and the correct way to perform them according to National Institute of Roads (INVIAS) (INVIAS, 2022). Data collected from the field on the performance of the workforce was also recorded and compared with those provided by INVIAS. All of this was developed in collaboration with the resident engineer and the internship tutor, who delegated activities and responsibilities for the acquisition of knowledge and skills essential for a civil engineer.

* Degree Work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Civil Engineering School. Director: Luis Alberto Capacho Silva. Civil Engineer M. Sc. Computer Science.

Introducción

En el ámbito de la ingeniería civil, el desarrollo de habilidades técnicas y prácticas es fundamental para enfrentarse a los desafíos del entorno laboral. Realizar prácticas empresariales le proporciona al estudiante una experiencia directa y real, en donde podrá aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica, aprenderá a trabajar en equipo y solucionar problemas en el ámbito empresarial.

Una mala formulación de un proyecto de obra civil puede llegar a ser perjudicial para el ente contratista, contratante o la comunidad en general, y esto muchas veces se da debido a la falta de registros e información que permita proyectar el buen curso de la construcción pese a los factores externos o internos que podrían afectar de manera directa el proyecto.

Este trabajo se desarrolla en el marco de una práctica empresarial realizada en la empresa Coincar S.A.S para la construcción de pavimentos rígidos urbanos, los cuales son claves en la infraestructura vial de las ciudades. El estudio principal aborda el análisis del rendimiento de la mano de obra bajo condiciones específicas sin dejar de lado los criterios de calidad durante el proceso constructivo, esto debido a que la construcción de pavimentos, en particular los rígidos, requiere de un control exhaustivo en cada una de sus fases para asegurar la durabilidad, seguridad y eficiencia de la obra. Un pavimento bien ejecutado no solo mejora la movilidad urbana, sino que también contribuye al bienestar general de la comunidad, es por esto que dicho estudio se rige a las indicaciones brindadas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) (INVIAS, 2022) en la construcción de pavimentos rígidos con el fin de mantener un alto grado de calidad y garantizar un buen resultado.

Por consiguiente, este estudio surge por la necesidad de comprobar el rendimiento real de la mano de obra en la construcción de un pavimento rígido y comparar los resultados con los estándares establecidos por el ente regulador (INVIAS) (INVIAS, 2022) para la zona en cuestión, con el fin de fomentar una buena proyección en este tipo de proyectos. Es por esto que el objetivo principal de las prácticas fue apoyar como auxiliar de ingeniería en el monitoreo de criterios de calidad en los procesos constructivos de un pavimento rígido y en el desarrollo de un análisis en conjunto de trabajo de campo y oficina del rendimiento de la mano de obra.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Desarrollar habilidades técnicas relacionadas con el análisis, verificación y ejecución de los procesos constructivos de pavimentos rígidos en proyectos asignados por la empresa COINCAR S.A.S.

2.2 Objetivos Específicos

Monitorear los criterios de calidad establecidos para el diseño y construcción de un pavimento rígido siguiendo la normativa del INVIAS.

Desarrollar una guía de análisis que permita cuantificar el tiempo empleado por una cuadrilla de trabajo en la ejecución de todos los procesos que requiere la construcción de pavimentos rígidos.

Contrastar los resultados obtenidos en el análisis de rendimiento de la mano de obra con los valores propuestos por el INVIAS en sus análisis de precios unitarios designados para el departamento del Cesar.

3. Marco de referencia

3.1 Marco legal

3.1.1 Descripción de la empresa

COINCAR S.A.S es una empresa dedicada al diseño y construcción de obras civiles, la cual busca brindar calidad y durabilidad en sus proyectos manteniendo altos estándares en sus materiales y mano de obra requeridos. Se enfoca principalmente en la construcción de pavimentos rígidos en diferentes municipios del departamento del Cesar, velando por el bien de la comunidad que hace parte de estos territorios, sin embargo, también lleva a cabo proyectos de alcantarillados, acueductos, parques recreo deportivos y obras hidráulicas. (Coincar S.A.S, 2024).

Fundada en 2016 por el ingeniero Libardo Jose Cuello Herrera en la ciudad de Valledupar, COINCAR S.A.S ofrece al ciudadano seguridad y alto nivel en sus proyectos gracias a la experticia de sus integrantes y la calidad de sus recursos.

3.1.2 Misión

CONSTRUCCIONES E INGENIERIA DEL CARIBE S.A.S es una empresa de origen colombiano, con un compromiso permanente con la satisfacción de los clientes, el desarrollo de las comunidades en las que está inserta y la realización de sus integrantes. Estando en sectores claves como lo son ingeniería, clientes y comunidades. Siempre, acompañadas de un grupo de profesionales idóneos, equipado con herramientas de tecnología avanzada, satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes, respaldados por excelencia en nuestros procesos y el gran compromiso de servir con calidad y responsabilidad. (Coincar S.A.S, 2024).

3.1.3 Visión

CONSTRUCCIONES E INGENIERIA DEL CARIBE S.A.S será reconocida como una empresa líder en Colombia, en cuanto a la ejecución de proyectos de obras civiles y construcción, por sus resaltados en cuanto a calidad e innovación, su responsabilidad con el cliente, su talento humano, lo cual derivará en crecimiento y sostenibilidad de la compañía. (Coincar S.A.S, 2024).

3.2 Entidades reguladoras, marco legal

En la construcción de proyectos, pertenecientes al Sector de Infraestructura y Transporte, se debe tener en cuenta los lineamientos sectoriales establecidos por el Ministerio de Transporte, que es la cabeza del Sector. El INVIAS, es un organismo adscrito al Ministerio de Transporte, el cual tiene como objeto la ejecución de las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de la infraestructura no concesionada de la Red Vial Nacional de carreteras primaria y terciaria, férrea, fluvial y de la infraestructura marítima, de acuerdo con los lineamientos dados por el Ministerio de Transporte (González & Ortiz, 2018).

Para el desarrollo de las actividades propuestas para esta modalidad de práctica empresarial se usarán como referencia documentos proporcionados por el INVIAS, más específicamente las Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022 (INVIAS, 2022) y el Análisis de precios unitarios regionalizados de referencia (INVIAS, 2024).

3.3 Marco conceptual

La necesidad humana de comunicarse ha llevado a la búsqueda de métodos que faciliten el cumplimiento de esta, una de ellas ha sido la construcción de grandes autopistas, las cuales han servido para lograr un mejor y mayor desarrollo, tanto económico y social como así se ve reflejado en el progreso y desarrollo del país (Castro, 2020). Al momento de construir un

pavimento rígido son muchos los factores que entran en juego, de los que depende la capacidad y durabilidad de este. A continuación, se presentan algunos conceptos importantes a tener en cuenta para entrar en materia con estos procesos.

3.3.1 Diseño de pavimento rígido

Los pavimentos rígidos son aquellos que fundamentalmente están compuestos por una losa de concreto hidráulico como capa de rodadura. Por su mayor rigidez comparado con los pavimentos flexibles, distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas. Salvo en bordes de losas y juntas sin pasa juntas, las deflexiones o deformaciones elásticas son inapreciables (Castro, 2020).

3.3.2 Base granular

La base granular es la capa de la estructura de pavimento que en pavimentos de bajo tránsito subyace a la losa de concreto en uno de tipo rígido; esta capa está compuesta por materiales granulares no tratados, los cuales según el comportamiento mecánico de la subrasante se construyen directamente sobre esta o será necesario hacerlo sobre una subbase. La función principal de esta capa en pavimentos rígidos es evitar el fenómeno de bombeo (Rondón & Reyes, 2015).

3.3.3 Subbase granular

La subbase granular es la capa de la estructura de pavimento que subyace a la base granular, compuesta por materiales granulares no tratados colocados generalmente sobre la subrasante, la subrasante mejorada, el afirmado o el terraplén. Por estar conformada por agregados pétreos de menor costo que aquellos utilizados para base granular, cumple una

función económica. En pavimentos rígidos cumple como función principal evitar el fenómeno de bombeo (Rondón & Reyes, 2015).

3.3.4 Afirmados

El afirmado es la capa de la estructura de pavimento que por lo general subyace a la capa de subbase. Se emplea por lo general en la construcción de proyectos viales rurales. Las funciones de esta capa son similares a las ya mencionadas para las capas de base y subbase, pero adicionalmente esta ayuda a nivelar y conformar la plataforma de la estructura de pavimento en zonas donde la subrasante no tiene un alineamiento y perfil longitudinal y transversal definido (Rondón & Reyes, 2015).

3.3.5 Concreto

El concreto se puede definir de una manera generalista y simple como la unión entre un material aglutinador o pasta (cementante, aire y agua), agregados pétreos y aditivos (acelerantes, retardantes de fraguado, reductores de agua o plastificadores, superplastificadores, mejoradores de adherencia, minerales, repelentes al agua, incorporadores de aire, reductores de permeabilidad, entre otros). Por lo general el agregado conforma entre 65-75% del volumen del concreto, y la pasta entre el 25-35% (cemento entre el 8-16%, agua entre 17-19% y aire entre 1-2%) (Rondón & Reyes, 2015).

Hay cementantes de diferentes tipos; sin embargo, el más empleado para la fabricación de mezclas de concreto es el cemento hidráulico o cemento Portland. Por lo general, el cemento hidráulico empleado para la elaboración del concreto es el tipo I (ASTM C 150-84) (Rondón & Reyes, 2015).

3.3.6 Losas de concreto hidráulico para pavimento rígido

En un pavimento rígido la función principal de la losa de concreto es estructural. Transmite los esfuerzos a la subrasante en magnitudes mucho menores que los pavimentos flexibles y los distribuye en un área más amplia. Otras funciones de la losa son: proporcionar una superficie de rodadura cómoda, segura y limpia e impermeabilizar las capas que la subyacen. En pavimentos rígidos, los dos tipos de losas más utilizados para la construcción de proyectos viales son: 1) las de concreto simple (sin acero de refuerzo) con y sin pasadores de transferencia en las juntas; 2) las de concreto reforzado con malla de acero electro-soldada colocada sobre el eje neutro de la losa y espaciamiento de juntas transversales entre 7 y 8 m (Rondón & Reyes, 2015).

3.3.7 Juntas

Son interrupciones intencionales en la masa del concreto o entre elementos contiguos, cuya finalidad es absorber las deformaciones de cualquier tipo que se puedan presentar, como los movimientos estructurales previsibles, las alteraciones volumétricas hidráulicas y los efectos de variación térmica. Adicionalmente, no todo el concreto de la estructura puede colocarse de forma continua, por ello se requieren juntas de construcción y contracción que permitan reanudar los vaciados después de un cierto tiempo (Flores, 2016).

4. Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, se siguieron tres fases metodológicas para la construcción y análisis de un pavimento rígido.

4.1 Fase 1: Desarrollo de procesos constructivos en campo

En esta fase se llevaron a cabo las actividades que corresponden a la construcción de pavimentos rígidos, todo lo que concierne al análisis del terreno, excavación, análisis de material de agregados, distribución y compactación de capas que componen el pavimento, ordenamiento de maquinaria, distribución de tránsito, entre otras tareas que forman el desarrollo de esta obra. El practicante se encargó de monitorear dichas actividades siguiendo las indicaciones del artículo 500 de la especificación INVIAS del 2022 (INVIAS, 2022), donde se establece el proceso constructivo a seguir para un pavimento rígido, la calidad del material a emplear, las pruebas de resistencia para el concreto, los equipos necesarios, y demás aspectos de diseño definidos teniendo en cuenta las condiciones del proyecto en cuestión. Su principal misión en esta fase fue supervisar cada proceso constructivo para la formación del pavimento rígido, verificar que todo concordara con el diseño anteriormente planteado, que la cuadrilla desarrollará las actividades de forma correcta y segura, que se usará la maquinaria adecuada y que el avance del proyecto no perjudicara a la comunidad residente en el territorio, todo esto desde la excavación del terreno hasta la conformación de las capas y desarrollo de acabados. Además, el practicante contó con la guía brindada por el ingeniero civil a cargo de la obra.

4.2 Fase 2: Toma de datos respecto al rendimiento de mano de obra

Al momento de empezar con el proceso constructivo y haberse adaptado al proyecto, el estudiante procedió a tomar datos respecto al rendimiento de mano de obra, principalmente el tiempo que gasta la cuadrilla y los operarios en desarrollar determinada tarea hasta llegar al proceso de apertura al tráfico, dichos registros consistieron en la toma de tiempo de transporte y montaje de formaletas, producción de canastillas con acero liso para transferencia de esfuerzos, fundida de concreto hidráulico con mixer, proceso de vibrado de la mezcla con

equipos vibradores, texturizado, corte de losas y sello de juntas. Además, de manera simultánea se realizó una supervisión en cada uno de los sectores impulsando el buen desarrollo de la construcción y la buena optimización del tiempo y materiales.

4.3 Fase 3: Análisis de datos en oficina

Para la formulación de proyectos de construcción de vías el INVIAS establece ciertos parámetros base para un buen cálculo del costo del proyecto, donde designa tiempos estimados para procesos constructivos, los cuales se llevan a cabo por los agentes involucrados en la obra (INVIAS, 2024).

El objetivo principal de esta fase fue comparar los datos obtenidos en campo y los proporcionados por el INVIAS; de este estudio se podrá hacer una mejor proyección de costos para proyectos futuros, lo cual podría favorecer a la empresa COINCAR S.A.S en el manejo del recurso económico y del tiempo propuesto para la obra.

5. Resultados

En el desarrollo de todas las actividades realizadas se tomó como referencia el “Manual de Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS” (INVIAS,2022), específicamente el capítulo relacionado con los pavimentos de concreto hidráulico.

5.1 Conocimiento detallado del proyecto

El proyecto ejecutado en el desarrollo de las prácticas contemplaba la reparación de losas de pavimento en concreto hidráulico afectadas en diferentes puntos de la ciudad de Valledupar, las cuales significaban un riesgo para la sociedad al momento de atravesar estos puntos en sus vehículos, dicha iniciativa fue llamada “Operación tapa huecos”. Además, se

estipuló la construcción de calles en pavimento rígido desde cero en los barrios 25 de diciembre, Chiriquí, Amaneceres del valle y Las Manuelitas, los cuales aún no disponían de este.

Se hizo presencia en todos los puntos anteriormente mencionados durante las prácticas, donde las condiciones y especificaciones de construcción variaban mínimamente, pero en todos los lugares se cumplían las mismas actividades y requisitos de calidad.

5.2 Monitoreo de criterios de calidad en la construcción de un pavimento rígido

5.2.1 Demolición de losas en concreto hidráulico afectadas

Durante el desarrollo del ítem “Operación tapa huecos” del proyecto en cuestión, se hizo la demolición de losas en mal estado que significaban un peligro para la sociedad. Dicha demolición se realizó con un minicargador y se dispuso de los sobrantes en sitios de botadero autorizados.

Figura 1

Demolición de losas en concreto hidráulico con minicargador



5.2.2 Excavación en material común con maquina

El desarrollo de esta actividad se llevó a cabo con la ayuda de una retroexcavadora y siguiendo el estudio realizado por la topografía, esto con el fin de llegar a los niveles requeridos para la adecuada construcción de un pavimento rígido, garantizando el desagüe de la vía, que las casas de la zona quedaran en un nivel superior al del pavimento y el confort para el usuario.

Al ejecutar esta actividad se presentaron múltiples daños ocasionados por la máquina al excavar, lo cual requirió de reparación de acometidas domiciliarias de tubería de suministro de agua potable y tubería de alcantarillado (Figura 3).

Figura 2

Excavación en material común en barrio Chiriquí



Figura 3

Reparación de tuberías de agua potable y alcantarillado



5.2.3 Conformación de calzada y extendido de subbase granular

Al obtener los niveles esperados con la actividad de excavación, se procedía a conformar el ancho de calzada establecido para cada ubicación y a extender y compactar el material de subbase granular (Figura 4) con el espesor indicado para el proyecto (20 cm). Dicha conformación se hacía con la ayuda de una maquina retro excavadora, y la compactación del material usando un vibro compactador y manejando las condiciones de humedad (recomendadas por el ensayo de Proctor modificado) pertinentes para alcanzar el máximo valor de densidad seca de la capa.

Figura 4

Extendido y compactación de subbase granular con máquina



5.2.4 Armado de formaletas y chequeo para espesor de losa de concreto

El armado de los carriles se hizo con formaletas metálicas de 17 cm (espesor de losa establecido en el proyecto) con orificios para las barras de anclaje en acero cada 1,20 metros. La línea de las formaletas se seguía usando nylon entre puntos de varillas puestas en el sentido del eje de la vía ortogonales al terreno en puntos de referencia establecidos por la topografía, además se aseguraba un bombeo aplicado en tramo recto para el correcto drenaje de aguas y

sedimentos. Al tener listas las formaletas, con la ayuda de un perfil metálico se chequeaba el espesor de la losa con el fin de asegurar que los niveles estuviesen bien (Figura 5).

Figura 5

Armado de formaletas y chequeo de espesor para losa de concreto



5.2.5 Fundida de concreto para pavimento rígido

En este proyecto se hizo convenio con una empresa concretera, la cual suministraba el volumen de concreto requerido por el contratista para fundir la cantidad de losas destinadas para el día (Figura 6). El concreto empleado fue MR 42 (módulo de ruptura de 42 kg/cm^2), que está diseñado para resistir los ciclos de carga y descarga del tráfico vehicular en pavimentos. La modulación de las dimensiones de las losas dependía del área disponible para la construcción de la vía, por lo general se hacían losas de igual longitud en largo y ancho, lo cual cambiaba mínimamente al momento de estar en presencia de un pozo de inspección, pero siempre se tenía en cuenta la relación largo/ancho y la longitud máxima de cada dimensión dependiendo del espesor de la losa. Para la transferencia de cargas entre losas se usaron barras de acero liso de diámetro de 7/8 de pulgada apoyadas sobre una estructura de soporte

(canastilla) que asegurara su posición adecuada para su buen funcionamiento, estas se ubicaban en la junta de contracción, con las barras en dirección longitudinal a las losas (Figura 7). También, para evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas, se usaron barras corrugadas de 1/2 pulgada de diámetro ubicadas de forma transversal a las losas cada 1.20 metros (Figura 8).

Figura 6

Fundida de concreto hidráulico para losas de pavimento rígido



Figura 7

Instalación de canastillas con barras de transferencia de carga



Figura 8*Instalación de barras corrugadas de amarre***5.2.6 Toma de muestras de concreto para ensayos de laboratorio**

En ciertas ocasiones de fundida, se tomaron muestras del concreto suministrado y se elaboraron cilindros y viguetas siguiendo las indicaciones de la NTC 550 (Figura 9), los cuales se llevaban a un laboratorio donde se realizaban los respectivos ensayos de resistencia del concreto a la flexión y a la compresión. Cabe resaltar que los resultados fueron satisfactorios para las muestras tomadas en campo.

Figura 9*Elaboración de cilindros y viguetas en concreto*

5.2.7 Vibrado de concreto

Con el fin de eliminar el aire atrapado, mejorar la uniformidad y asegurar una alta resistencia y durabilidad en el concreto se usó un vibrador de aguja (Figura 10) y una regla vibratoria (Figura 11) operados por los obreros en medio de la fundida antes de comenzar con el texturizado del concreto.

Figura 10

Uso de vibrador de aguja para concreto



Figura 11

Uso de regla vibratoria de concreto



5.2.8 Texturizado y retiro de formaletas

Luego del vibrado es necesario texturizar el concreto, para esto se usan herramientas como la flota, la cual le proporciona uniformidad a la superficie, dejándola lisa y sin poros (Figura 12) y el rastrillo, el cual genera franjas, cuya función es generar fricción con la llanta del vehículo, y drenaje a la vía para así disminuir el índice de accidentalidad (Figura 13). El flotado se ejecuta primero, luego, cuando el concreto ha fraguado un poco se pasa el rastrillo para dar el último acabado. Al cabo de tres horas y media a cuatro se retiran las formaletas.

Figura 12

Uso de flota para texturizado del concreto



Figura 13

Uso de rastrillo para rayado del concreto



5.2.9 Aplicación de antisol

Como lo estipula la especificación INVIAS, es necesario aplicar antisol con el fin de evitar que agentes naturales como la luz solar directa y las fuertes temperaturas induzcan la pérdida de agua del concreto. Esta aplicación se realiza después del texturizado.

Figura 14

Esparcimiento de antisol en placas de concreto hidráulico



5.2.10 Corte de losas

Al transcurrir en promedio cuatro horas desde la fundida del concreto, este alcanza un punto perfecto para realizar el corte de losas y puedan trabajar como elementos individuales. Esta actividad se realiza con una cortadora de disco, la cual permite atravesar el concreto en la junta anteriormente marcada. El corte debe realizarse a una profundidad mínima de 1/3 del espesor de la losa, esto con el fin de evitar patologías en el concreto como lo son las grietas.

Figura 15

Corte de losas de concreto



5.2.11 Limpieza y sello de juntas

Para darle el acabado final al pavimento rígido, es necesario limpiar las juntas y aplicar el producto sellante, lo cual garantiza la durabilidad y funcionamiento del pavimento.

Figura 16

Aplicación de sello de juntas



5.3 Toma de datos de rendimiento de mano de obra

Al residir en la obra en el transcurso de las prácticas fue posible recolectar datos del tiempo que tardaban los trabajadores en realizar determinadas actividades para la construcción de un pavimento rígido, esto con el fin de poder cuantificar su rendimiento en campo.

5.3.1 Recolección de datos en barrio 25 de Diciembre

La toma de datos en este barrio se hizo para una fundida de un carril de 112,5 metros lineales, losas con dimensiones de 3,65 metros de largo, 3,65 metros de ancho y 17 centímetros de espesor, una cuadrilla de trabajo conformada por 7 obreros y 1 oficial, condiciones climáticas soleadas con una temperatura promedio de 31 grados centígrados.

Tabla 1

Datos de campo tomados en el barrio 25 de Diciembre

Actividad	Tiempo empleado para la actividad (Horas)	Unidad de medida del trabajo ejecutado	Total ejecutado en el tramo de estudio según la unidad de medida definida
Formaleteo	6	m^3	69,81
Fundida de concreto	4,75	m^3	69,81
Elaboración de canastillas	4,85	ud.	32
Instalación y fijación de canastillas	0,33	ud.	32
Corte de juntas	4,8	mL	173,05
Limpieza y Sello de juntas	5,1	mL	173,05
	25,83		

Según el estudio realizado en este barrio, la cuadrilla se tardó 25,83 horas en construir un carril de pavimento rígido con las especificaciones anteriormente mencionadas. Entonces,

sabiendo que 25,83 horas equivalen a 3,23 días laborales, y que la cuadrilla construye 69,81 m^3 de concreto en este tiempo, se tiene que la cuadrilla tiene un rendimiento de 21,62 m^3 /día aproximadamente.

5.3.2 Recolección de datos en barrio Chiriquí

La toma de datos en este barrio se hizo para una fundida de un carril de 63 metros lineales, losas con dimensiones de 3,15 metros de largo, 3,15 metros de ancho y 17 centímetros de espesor, una cuadrilla de trabajo conformada por 7 obreros y 1 oficial, condiciones climáticas soleadas con una temperatura promedio de 31 grados centígrados.

Tabla 2

Datos de campo tomados en el barrio Chiriquí

Actividad	Tiempo empleado para la actividad (Horas)	Unidad de medida del trabajo ejecutado	Total ejecutado en el tramo de estudio según la unidad de medida definida
Formaleteo	3,5	m^3	33,74
Fundida de concreto	2,84	m^3	33,74
Elaboración de canastillas	3,36	ud.	21
Instalación y fijación de canastillas	0,22	ud.	21
Corte de juntas	3,5	mL	97,65
Limpieza y Sello de juntas	2,88	mL	97,65
	16,3		

Según el estudio realizado en este barrio, la cuadrilla se tardó 16,3 horas en construir un carril de pavimento rígido con las especificaciones anteriormente mencionadas. Entonces, sabiendo que 16,3 horas equivalen a 2,04 días laborales, y que la cuadrilla construye 33,74 m^3

de concreto en este tiempo, se tiene que la cuadrilla tiene un rendimiento de $16,56 \text{ m}^3/\text{día}$ aproximadamente.

5.3.3 Recolección de datos en barrio Amaneceres del valle

La toma de datos en este barrio se hizo para una fundida de un carril de 52,5 metros lineales, losas con dimensiones de 3,5 metros de largo, 3,5 metros de ancho y 17 centímetros de espesor, una cuadrilla de trabajo conformada por 7 obreros y 1 oficial, condiciones climáticas soleadas con una temperatura promedio de 31 grados centígrados.

Tabla 3

Datos de campo tomados en el barrio Amaneceres del valle

Actividad	Tiempo empleado para la actividad (Horas)	Unidad de medida del trabajo ejecutado	Total ejecutado en el tramo de estudio según la unidad de medida definida
Formaleteo	2,75	m^3	31,24
Fundida de concreto	2,22	m^3	31,24
Elaboración de canastillas	2,56	ud.	16
Instalación y fijación de canastillas	0,17	ud.	16
Corte de juntas	2,4	mL	82,25
Limpieza y Sello de juntas	2,42	mL	82,25
	12,52		

Según el estudio realizado en este barrio, la cuadrilla se tardó 12,52 horas en construir un carril de pavimento rígido con las especificaciones anteriormente mencionadas. Entonces, sabiendo que 12,52 horas equivalen a 1,56 días laborales, y que la cuadrilla construye 31,24

m^3 de concreto en este tiempo, se tiene que la cuadrilla tiene un rendimiento de $19,97 m^3/día$ aproximadamente.

5.3.4 Recolección de datos en barrio Las Manuelitas

La toma de datos en este barrio se hizo para una fundida de un carril de 82 metros lineales, losas con dimensiones de 3,15 metros de largo, 3,15 metros de ancho y 17 centímetros de espesor, una cuadrilla de trabajo conformada por 7 obreros y 1 oficial, condiciones climáticas soleadas con una temperatura promedio de 31 grados centígrados.

Tabla 4

Datos de campo tomados en el barrio Las Manuelitas

Actividad	Tiempo empleado para la actividad (Horas)	Unidad de medida del trabajo ejecutado	Total ejecutado en el tramo de estudio según la unidad de medida definida
Formaleteo	4,4	m^3	43,91
Fundida de concreto	3,6	m^3	43,91
Elaboración de canastillas	4,32	ud.	27
Instalación y fijación de canastillas	0,28	ud.	27
Corte de juntas	4,05	mL	126,05
Limpieza y Sello de juntas	2,6	mL	126,05
	19,25		

Según el estudio realizado en este barrio, la cuadrilla se tardó 19,25 horas en construir un carril de pavimento rígido con las especificaciones anteriormente mencionadas. Entonces, sabiendo que 19,25 horas equivalen a 2,41 días laborales, y que la cuadrilla construye 43,91

m^3 de concreto en este tiempo, se tiene que la cuadrilla tiene un rendimiento de $18,25 m^3/\text{día}$ aproximadamente.

5.4 Contraste de rendimiento de mano de obra con datos del INVIAS

Teniendo en cuenta los datos obtenidos anteriormente y realizando un promedio del rendimiento obtenido en los cuatro barrios donde se realizó el estudio, se tiene que el rendimiento de la mano de obra para la construcción de un pavimento rígido es de $19,1 m^3/\text{día}$.

Tabla 5

Rendimiento de mano de obra en la construcción de un pavimento rígido INVIAS

Código	Descripción	Rendimiento
A0030070	Obrero (7)	40,00
A0040010	Oficial	40,00

Nota. Rendimiento de mano de obra. Tomado de *Análisis de precios unitarios regionalizados Pavimento de concreto hidráulico*, por INVIAS, 2024.

De la base de datos del INVIAS pudo sustraerse una hoja de cálculos de Excel, donde se evidencia el análisis de precios unitarios regionalizados. Para su aplicación en este proyecto fue de vital importancia descargar la que contenía datos específicos para la ubicación norte del departamento del Cesar, que es donde se encuentra ubicada la ciudad de Valledupar (INVIAS, 2024).

En el ítem correspondiente a pavimento de concreto hidráulico pudo encontrarse la anterior tabla que expresa el rendimiento de una cuadrilla conformada por 8 personas (7 obreros y 1 oficial) y su rendimiento en $m^3/\text{día}$.

Los datos de rendimiento difieren, se evidencia que el rendimiento de este estudio representa un 47,75% del rendimiento estipulado por el INVIAS (INVIAS, 2024).

Existen diferentes causas que pueden soportar este resultado, según lo observado en obra, en un día normal de fundida pueden presentarse diferentes imprevistos que inducen un retraso en el proceso constructivo, como lo puede ser retrasos en la planta de concreto al no suministrar el producto a la hora estipulada, el averío de una máquina, la logística para el acopio de materiales e implementos en el lugar de construcción, los cambios climáticos, las pausas activas, el estado físico de los trabajadores, y muchas más que podrían incentivar el retraso de las actividades. Con este análisis, se logra acercar más a la realidad el dato del rendimiento de la mano de obra en la construcción de pavimentos rígidos en la ciudad de Valledupar, Cesar.

6. Conclusiones

Por medio del desarrollo de la práctica empresarial, se logran comprender y afianzar conceptos adquiridos en la formación académica, exponerse a la ejecución del proceso constructivo de un pavimento rígido desarrolla aptitudes que mejoran el desempeño en coordinación de actividades, manejo de personal, uso de equipos, criterio para evaluación en control de calidad y uso correcto de la ingeniería desde un punto de vista ético y profesional.

Cada etapa en la construcción de un pavimento rígido juega un papel muy importante en los resultados esperados para cada proyecto, es necesario contar con materiales y mano de obra de calidad, además, se debe hacer un monitoreo de cada actividad, verificando que los procesos se estén ejecutando de la manera correcta según lo especifique el ente regulador, en este caso, el Instituto Nacional de Vías.

La toma de datos de tiempo requerido por una cuadrilla de trabajo en la ejecución de los procesos requeridos para la construcción de pavimentos rígidos requiere de mucha atención y organización, es necesario tener en cuenta todos los factores que podrían afectar al resultado esperado y almacenar la información de manera clara y precisa.

El rendimiento de la mano de obra es definido por muchos factores, en el mejor de los casos siempre se espera que las actividades sigan su curso sin interrupciones y todo salga según lo planeado, pero en ocasiones surgen imprevistos por causa humana o natural que requieren de ajustes al plan de desarrollo estipulado.

El análisis y contraste del rendimiento de la mano de obra en el proceso de construcción de un pavimento rígido con datos tomados en campo (19,1 m³/día) y el propuesto por el INVIAS (40,0 m³/día) puede ayudar a identificar posibles falencias presentes en el proceso constructivo y

justificar la razón que hace que ambos valores difieran, además, la ejecución de este estudio puede dar pie a mejoras en la formulación de proyectos futuros, donde se pueda hacer una mejor distribución de tiempos por cantidades sin perjudicar el ámbito económico.

7. Recomendaciones

Se recomienda continuar con el estudio evidenciado en este proyecto y diseñando estrategias que puedan reducir los retrasos e incentivar a la mano de obra a trabajar de forma eficiente sin mitigar la calidad. Con esto, se asegura una mejoría en el desempeño en obra y una mejor organización y planeación en oficina.

Se sugiere a la empresa COINCAR S.A.S seguir brindando a demás estudiantes de ingeniería civil la oportunidad para el desarrollo de sus prácticas, esto le permite al practicante tener una percepción mas clara de lo que será la vida profesional y usar sus habilidades en pro de la empresa, además, la aplicación de mas de estos proyectos podrían ayudar al positivo crecimiento de la empresa en diferentes ámbitos para el desarrollo de obras civiles.

Referencias Bibliográficas

- Castro Vásquez, P. G., Castro Vásquez, M. G., & Castro Vásquez, L. A. (2020). Aplicación práctica del método AASHTO-93 para el diseño de pavimento rígido. Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional, 5(9), 640-663.
- Coincar S.A.S (2024). Perfil corporativo de Coincar S.A.S.
- Flores Marquez, L. R. (2016). “Influencia de las juntas de dilatación en la vida útil de los pavimentos rígidos en la Av. Ramón Castilla, tramo comprendido desde el ingreso hasta el Jr. Ancash-Chulucanas, 2015”.
- González Salazar, C. A., & Ortiz Carrascal, D. F. (2018). Métodos e innovaciones tecnológicas para el control constructivo y verificación de calidad final de concretos usados en pavimentos rígidos, según normativa del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) Colombia.
- Instituto Nacional de Vías, INVIAS (2022). Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022.
- Instituto Nacional de Vías, INVIAS (2024). Análisis de precios unitarios regionalizados de referencia.
- Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2015). Pavimentos: materiales, construcción y diseño (Primera edición.). Ecoe Ediciones.