



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**APOYO EN LA PROGRAMACIÓN, LOGÍSTICA, Y  
EVALUACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO DEL ÁREA  
DE PAVIMENTOS EN LA EMPRESA EVALTEC S.A.**

**Autor:**

**Sandra Milena Zapata González**

**Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental  
Medellín, Colombia  
2021**



APOYO EN LA PROGRAMACIÓN, LOGÍSTICA, Y EVALUACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO  
DEL ÁREA DE PAVIMENTOS EN LA EMPRESA EVALTEC S.A.

Por:

Sandra Milena Zapata González

Informe de práctica como requisito para optar al título de:  
Ingeniero Civil

Asesores:

Edwin Fabián García Aristizábal - Ingeniero Civil, Máster en Ingeniería,  
Doctor en Ingeniería

Jorge Alberto Tobón García - Ingeniero civil, Especialista en Patología de la  
Construcción, Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental  
Medellín, Colombia  
2021

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios por ser mi guía y mi fortaleza en los momentos difíciles que se presentaron a lo largo de mi formación académica, por tantas bendiciones y por ayudarme desarrollar mi proyecto de vida al culminar mi carrera profesional.

Agradezco a mis padres James Rodrigo Zapata Díaz, Mónica María González Roldán y a mi hermana Maria Fernanda Zapata González por el apoyo incondicional durante toda mi vida, en especial por su paciencia, interés y el ejemplo que me brindan, este logro es dedicado a ustedes.

Agradezco a Miguel Angel Arias Alzate por estar siempre presente durante esta etapa y apoyarme en cada paso que doy, por creer en mí y ayudarme a superar todos los obstáculos que se presentan. Estoy completamente agradecida con todos mis amigos, compañeros y colegas que hicieron esta experiencia inolvidable y única, en especial a Alejandra Montoya, Mateo Ramírez, Santiago Rendón, Sara Vásquez, Efraín Bermúdez y Jerson Ortiz, de todos he aprendido muchas cosas valiosas.

Agradezco a la Universidad de Antioquia por abrirme las puertas y brindarme unos de los mejores años de mi vida, a todos los profesores por compartir sus amplios conocimientos y enseñar con tanto cariño a través de sus experiencias profesionales. En especial al profesor Edwin Fabián García Aristizábal quien me acompañó en diferentes asignaturas del área de geotecnia y en mi proceso de práctica académica.

Finalmente quiero agradecer al ingeniero Jorge Alberto Tobón García por permitirme desarrollar mi práctica académica en la empresa Evaltec S.A., y por compartir desinteresadamente sus conocimientos, inculcando siempre la ética y rectitud en el trabajo, tengo gran admiración hacia su labor.



## TABLA DE CONTENIDO

1.	RESUMEN .....	7
2.	INTRODUCCIÓN .....	8
3.	OBJETIVOS.....	9
3.1.	Objetivo general .....	9
3.2.	Objetivos específicos .....	9
4.	MARCO TEÓRICO.....	10
4.1.	Pavimento.....	10
4.1.1.	Pavimento flexible.....	10
4.1.1.1.	Capas del pavimento flexible.....	10
4.1.2.	Pavimento rígido. ....	11
4.1.2.1.	Capas del pavimento rígido. ....	11
4.2.	Mezcla asfáltica en caliente.....	12
4.2.1.	Tipos de mezcla asfáltica en caliente de gradación continua.....	12
4.2.2.	Asfalto.....	13
4.2.3.	Agregados.....	13
4.2.4.	Emulsiones asfálticas.....	13
4.3.	Normativa de ensayos de laboratorio INVÍAS .....	14
4.4.	Especificaciones generales de construcción de carreteras .....	16
4.5.	Calidad .....	16
4.6.	Sistema de gestión de calidad .....	16
5.	METODOLOGÍA.....	17
5.1.	Solicitud de ensayos .....	17
5.2.	Recepción de muestras y programación de ensayos en campo .....	18
5.3.	Ingreso de muestras al laboratorio .....	19
5.4.	Evaluación de resultados.....	20
5.5.	Elaboración de informes técnicos .....	21
6.	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	22
6.1.	Control de calidad de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua .....	22
6.2.	Control de calidad de mezclas asfálticas compactadas.....	28
6.3.	Evaluación de fricción del pavimento en mezclas asfálticas.....	32
7.	CONCLUSIONES .....	35
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Ensayos realizados en el laboratorio de Evaltec S.A. durante la práctica académica. ....	<b>14</b>
<b>Tabla 2.</b> Especificaciones consultadas para evaluar los resultados de los ensayos obtenidos. ....	<b>16</b>
<b>Tabla 3.</b> Ensayos realizados sobre mezclas asfálticas en caliente de gradación continua. ....	<b>22</b>
<b>Tabla 4.</b> Resultados de gradación y contenido de asfalto de la primera muestra de mezcla asfáltica. ....	<b>24</b>
<b>Tabla 5.</b> Resumen de los resultados obtenidos de gradación y contenido de asfalto para las 3 muestras tomadas según el artículo 450 de las especificaciones INVÍAS. ....	<b>25</b>
<b>Tabla 6.</b> Resultados de gravedad específica máxima, gravedad específica bulk, estabilidad, flujo y contenido de vacíos con aire en briquetas Marshall. ....	<b>26</b>
<b>Tabla 7.</b> Resultado del ensayo de susceptibilidad al agua utilizando la prueba de tracción indirecta. ....	<b>27</b>
<b>Tabla 8.</b> Ensayos realizados sobre mezclas asfálticas compactadas. ....	<b>28</b>
<b>Tabla 9.</b> Resultados de densidad, espesor y grado de compactación de núcleos de mezclas asfálticas compactadas. ....	<b>29</b>
<b>Tabla 10.</b> Grado de compactación mínimo de mezcla asfáltica. Fuente: INVÍAS. ....	<b>31</b>
<b>Tabla 11.</b> Criterio de aceptación o rechazo según grado de compactación de los lotes de mezclas asfáltica. ....	<b>31</b>
<b>Tabla 12.</b> Ensayos realizados en campo para determinar la fricción del pavimento. ....	<b>32</b>
<b>Tabla 13.</b> Resultados del coeficiente de resistencia al deslizamiento con péndulo británico. ....	<b>33</b>
<b>Tabla 14.</b> Resultados obtenidos de las mediciones de textura superficial mediante el método del círculo de arena. ....	<b>34</b>

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema del proceso de solicitud de ensayos. Fuente: elaboración propia. ....	<b>17</b>
<b>Figura 2.</b> Esquema de recepción de muestras en la empresa. Fuente: Elaboración propia ....	<b>18</b>
<b>Figura 3.</b> Esquema del proceso de ingreso de muestras al laboratorio. Fuente: Elaboración propia. ....	<b>19</b>
<b>Figura 4.</b> Evaluación de los resultados obtenidos en los ensayos. Fuente: elaboración propia. ....	<b>20</b>
<b>Figura 5.</b> Esquema de la elaboración de informes técnicos. Fuente: elaboración propia. ....	<b>21</b>

## IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Esquema general de las capas que componen el pavimento flexible. Fuente: elaboración propia. ....	11
<b>Imagen 2.</b> Esquema general de las capas que componen el pavimento rígido. Fuente: elaboración propia. ....	12
<b>Imagen 3.</b> Mezcla asfáltica en caliente. Fuente: elaboración propia. ....	12
<b>Imagen 4.</b> Agregado fino y grueso. Fuente: Laboratorio de la Universidad de Antioquia, elaboración propia. ....	13
<b>Imagen 5.</b> Toma de muestra de mezcla asfáltica en caliente. Fuente: Cesar García laboratorista de Evaltec S.A. ....	22
<b>Imagen 6.</b> Núcleos asfálticos extraídos de pavimento, mezcla tipo MDC-19. Fuente: Elaboración propia. ....	28
<b>Imagen 7.</b> Péndulo británico para determinar la resistencia al deslizamiento. Fuente: Elaboración propia. ....	32

# **APOYO EN LA PROGRAMACIÓN, LOGÍSTICA, Y EVALUACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO DEL ÁREA DE PAVIMENTOS EN LA EMPRESA EVALTEC S.A.**

---

## **1. RESUMEN**

En el presente informe se describe el trabajo de práctica empresarial como estudiante de ingeniería civil desarrollado en la empresa Evaltec S.A. durante el periodo del 27 de agosto de 2020 al 27 de febrero de 2021, el cual pretende mostrar la importancia de hacer un control de calidad de los materiales utilizados en la realización de mezclas asfálticas y de la inspección del producto terminado y colocado en campo. Esto debido a que, para la obtención de un resultado satisfactorio y duradero, en donde se garantice la seguridad para los usuarios de las vías se requiere en gran medida del correcto desarrollo este proceso.

Se llevaron a cabo diferentes ensayos de laboratorio de caracterización física y mecánica de materiales para pavimentos para diferentes proyectos de construcción en el departamento de Antioquia y sus alrededores, dentro los que se destacan: *Vías del Nus – VINUS, Rehabilitación doble calzada Las Palmas calzada descendente, Proyecto Autopista al Mar 1 (Tramo San Cristóbal – Acceso a Túnel de Occidente), Losas del túnel Seminario ( Concesión Túnel Oriente), Plan de obra repavimentación de vías afectadas por las intervenciones en la infraestructura de servicios públicos atendidos por EPM E.S.P,* entre otros.

Se siguieron los procesos del sistema de gestión de calidad definidos en la empresa, se presentan algunos de los resultados obtenidos al ejecutar diferentes ensayos de laboratorio siguiendo los procedimientos descritos en las normas técnicas del Instituto Nacional de Vías – INVÍAS y se evalúan estos resultados con las especificaciones correspondientes de construcción, para dar como producto final un informe técnico avalado por la empresa para los clientes.



## 2. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, uno de los retos más grandes que tiene el país para incrementar el desarrollo y el crecimiento de las actividades económicas es el mejoramiento de la infraestructura vial, para lo cual se han destinado grandes recursos en los últimos años. Para garantizar el aprovechamiento y la correcta inversión de estos recursos se debe realizar un control de calidad del producto terminado de las obras, en donde se garantice la calidad de los materiales utilizados y el correcto proceso constructivo.

Para el caso particular de los pavimentos, el control de calidad consiste en la realización de una serie de ensayos de laboratorio según lo describen las normas del Instituto Nacional de Vías, y se evalúan los resultados obtenidos, verificando el cumplimiento de las especificaciones mínimas requeridas generalmente en el apartado calidad del producto terminado de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVÍAS. Esto con el fin de evitar reprocesos y sobrecostos en las obras y brindar confort, seguridad, vida útil, crecimiento económico, entre otros beneficios a la población.

Evaltec S.A. es una empresa que cuenta con 27 años de experiencia en la realización de estudios y diseños de proyectos ingenieriles por medio de servicios de consultoría, y que se encarga de garantizar la calidad de las obras mediante pruebas y ensayos normalizados. Para realizar el proceso de control se sigue un sistema de gestión de calidad, en donde existen diferentes procesos internos que garantizan una correcta ejecución de los ensayos y resultados obtenidos por el personal técnico de la empresa y posteriormente el análisis de estos resultados apoyado de ingenieros auxiliares e ingenieros con gran experiencia en el tema.

La práctica académica desarrollada, la cual se describe en este informe consiste en apoyar la programación, logística y evaluación de los ensayos de laboratorio del área de pavimentos. De esta manera conocer los fundamentos teóricos y técnicos de la construcción de pavimentos, con los ensayos de laboratorio necesarios para realizar el control de calidad, los procesos internos de calidad que se realizan en la empresa Evaltec S.A. y si se evidencian reprocesos o demoras que puedan afectar el servicio al cliente, proponer mejoras en los procedimientos para optimizar tiempo y recursos. De este modo ser eficientes, brindar el mejor servicio y garantizar la calidad a los clientes.



### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. *Objetivo general*

Apoyar el proceso de ensayos de laboratorio del área de pavimentos en la empresa Evaltec S.A. de acuerdo con la normativa vigente, analizando el cumplimiento de las especificaciones correspondientes, por medio de un sistema de gestión de calidad.

#### 3.2. *Objetivos específicos*

- Programar los ensayos de laboratorio de tal manera que se optimicen tiempos, recursos y se cumpla con los plazos establecidos con el cliente.
- Realizar los ensayos según lo descrito en las normas correspondientes, por lo general del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS, 2013). También se tienen como referencia las normas ASTM (American Society of Testing Materials), AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), NLT (Norma del Laboratorio del Transporte) y UNE (Una Norma Española).
- Analizar de manera crítica los resultados obtenidos y verificar el cumplimiento de las especificaciones para garantizar la calidad del producto terminado.

## 4. MARCO TEÓRICO

La construcción y pavimentación de las vías se realiza con el fin de prestar un servicio a la población, brindando comodidad en el transporte y garantizando la seguridad de los usuarios por un tiempo determinado. Para garantizar la vida útil de las carreteras se debe supervisar el proceso constructivo, la calidad de los materiales utilizados y realizar un monitoreo constante para evaluar el comportamiento que tiene el pavimento. A continuación, se presentan los conceptos más importantes relacionados con el presente trabajo.

### 4.1. *Pavimento*

De acuerdo con el Glosario del Manual de Diseño Geométrico para Carreteras (INVIAS, 2013) “el pavimento es un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía y deben resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura y el efecto degradante de los agentes climáticos”.

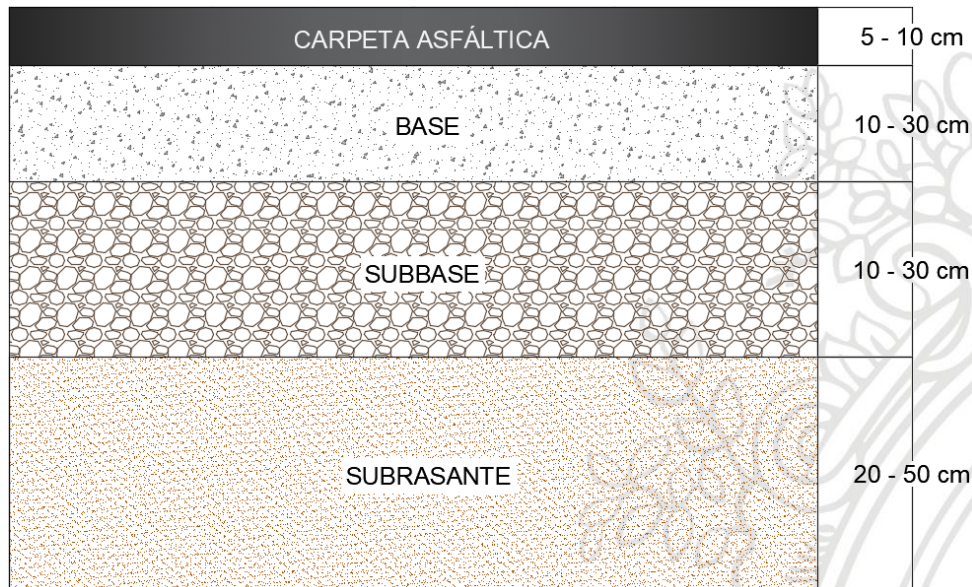
#### 4.1.1. *Pavimento flexible.*

El pavimento flexible se caracteriza por poseer una carpeta de rodadura elaborada con concreto asfáltico o mezcla asfáltica la cual se produce en plantas asfálticas, adicional se compone por una base granular y una subbase granular. Las capas se colocan de manera que las superiores tienen mayor rigidez y resistencia que las capas inferiores. Este tipo de pavimento es recomendable para cargas vehiculares bajas y es económico, pero requiere de un mantenimiento constante (Hurtado, 2016).

##### 4.1.1.1. *Capas del pavimento flexible.*

Las capas que componen generalmente el pavimento flexible son las mostradas en la *Imagen 1*, la carpeta bituminosa (mezcla asfáltica) se apoya sobre dos capas no rígidas (base y subbase), que a su vez se apoyan de la subrasante (terreno natural).

La subbase actúa como un separador entre la base y la subrasante evitando la contaminación de estas capas, también economiza el diseño ya que acorta el espesor de la base utilizando un equivalente en material de subbase. La base recibe mayormente los esfuerzos ocasionados por los vehículos en el pavimento además de tener una función económica con respecto a la carpeta asfáltica, esta capa se debe estabilizar para que transmita las cargas sin producir deformaciones significativas y sea resistente. La carpeta asfáltica o de rodadura es la que tiene contacto directo con las llantas de los vehículos por lo que debe ser resistente, impermeable, rugosa y friccionante.



**Imagen 1.** Esquema general de las capas que componen el pavimento flexible. Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.2. Pavimento rígido.

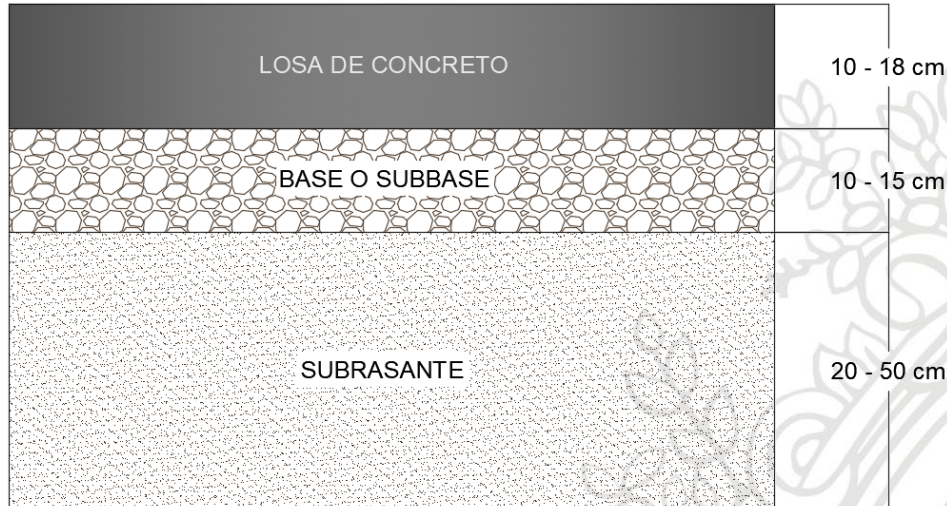
El pavimento rígido se compone por una carpeta de rodadura elaborada con concreto hidráulico, la cual se puede colocar directamente sobre la subrasante o encima de una base (o subbase) que sirva como separador y evite que la losa entre en contacto con los finos de la subrasante. Este tipo de pavimento posee una capacidad estructural ya que se refuerza con acero y/o dovelas en la mayoría de los casos, es recomendado para cargas vehiculares altas ya que requiere menos mantenimiento durante su vida útil (Hurtado, 2016).

##### 4.1.2.1. Capas del pavimento rígido.

Como se muestra en la *Imagen 2*, las capas que componen el pavimento rígido es una losa de concreto hidráulico que se apoya sobre una base o subbase (opcional) y esta a su vez se apoya sobre la subrasante o el terreno natural.

La subbase y/o la base cumplen la función de capa de transición o filtro entre la losa y la subrasante, mejora el drenaje y aporta resistencia. La losa de concreto es la superficie en contacto directo con las llantas de los vehículos por esto debe ser uniforme, estable, rugosa para garantizar la seguridad al deslizamiento, impermeable y resistente.





*Imagen 2. Esquema general de las capas que componen el pavimento rígido. Fuente: elaboración propia.*

#### **4.2. Mezcla asfáltica en caliente**

Se define como mezcla asfáltica en caliente a la combinación de áridos y un ligante, la cual se fabrica a altas temperaturas (muy superiores a la ambiental). Las cantidades de ligante y áridos determinan las propiedades físicas de la mezcla, estas las define el diseño de mezcla, el cual se realiza teniendo en cuenta los niveles de tránsito y las condiciones ambientales a las que estará expuesta, entre otros factores (Zúñiga, 2015).



*Imagen 3. Mezcla asfáltica en caliente. Fuente: elaboración propia.*

##### **4.2.1. Tipos de mezcla asfáltica en caliente de gradación continua.**

Las mezclas asfálticas en caliente se pueden clasificar en mezclas densas (MDC), semidensas (MSC) o gruesas (MGC). Estas a su vez se acompañan de un número el cual representa el valor en mm del tamaño máximo del agregado que se emplea en la fabricación. El tipo de



mezcla se elige dependiendo de la capa en la que se va a colocar, el nivel de tránsito y la resistencia que debe tener según el diseño de mezcla.

#### **4.2.2. Asfalto.**

El asfalto o cemento asfáltico es un producto bituminoso semi-sólido a temperatura ambiente, preparado a partir de hidrocarburos naturales mediante un proceso de destilación, el cual contiene una proporción muy baja de productos volátiles, posee propiedades aglomerantes y es esencialmente soluble en tricloroetileno (Especificaciones INVÍAS, 2013).

#### **4.2.3. Agregados.**

Los agregados son materiales granulares sólidos que se emplean constantemente dentro de la construcción. Se puede utilizar para realizar concretos, morteros, en las bases de las carreteras y en la fabricación de productos artificiales resistentes cuando se mezclan con materiales aglomerantes de activación hidráulica o con ligantes asfálticos (Vizcardo, T. & Trinidad, L., 2014).



*Imagen 4. Agregado fino y grueso. Fuente: Laboratorio de la Universidad de Antioquia, elaboración propia.*

#### **4.2.4. Emulsiones asfálticas.**

Las emulsiones asfálticas son micro dispersiones de cemento asfáltico en agua, más un agente emulsificador el cual actúa como estabilizador del sistema, otorgándole, una polaridad. Según la carga eléctrica de la emulsión, se clasifican en emulsiones asfálticas catiónicas y aniónicas. Las emulsiones asfálticas se desarrollan con el objetivo de cambiar la consistencia del asfalto y darle así una trabajabilidad adecuada para cada tipo de aplicación sin la necesidad de calentarlo hasta altas temperaturas como es usual en mezclas tradicionales con cemento asfáltico (Sánchez, 2014).

### 4.3. Normativa de ensayos de laboratorio INVÍAS

El Manual de Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras estandariza los procedimientos de muestreo y ensayos de laboratorio sobre la infraestructura vial de carreteras nacionales para garantizar la calidad de las obras y poder establecer valores mínimos con los que deben cumplir los proyectos (Normas INVÍAS, 2013). En la Tabla 1 se muestran algunos de los ensayos realizados del área de pavimentos en el laboratorio de Evaltec, con sus respectivas normas de referencia.

**Tabla 1.** Ensayos realizados en el laboratorio de Evaltec S.A. durante la práctica académica.

No.	ENSAYO DE LABORATORIO	IMPORTANCIA	NORMAS DE REFERENCIA	
1	Espesor o altura de especímenes compactados de mezclas asfálticas	Se determina como control constructivo para asegurar el cumplimiento de los requerimientos del proyecto	INV E 744-13	ASTM D3539 / D3549M-11
2	Gravedad específica bulk y densidad de mezclas asfálticas compactadas no absorbentes empleando especímenes saturados y superficialmente secos	Este parámetro es fundamental para determinar el grado relativo de compactación de una mezcla asfáltica no absorbente y poder llevar un control de calidad.	INV E 733-13	ASTM D2726-11
3	Gravedad específica bulk y densidad de mezclas asfálticas compactadas absorbentes empleando especímenes recubiertos con una película de parafina	Este parámetro es fundamental para determinar el grado relativo de compactación de una mezcla asfáltica absorbente y poder llevar un control de calidad.	INV E 734-13	ASTM D1188-07
4	Gravedad específica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos	Es una propiedad fundamental de las mezclas asfálticas, se utiliza para calcular el % de vacíos y % de asfalto absorbido.	INV E 735-13	ASTM D2041 / D2041M-11
5	Extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos	Se determina el % de asfalto que tiene la mezcla como un control de calidad que garantice el cumplimiento de las especificaciones y el diseño utilizando un solvente.	INV E 732-13	ASTM D2172 / D2172M-11
6	Método para determinar el contenido de asfalto de mezclas en caliente por ignición	Se determina el % de asfalto que tiene la mezcla como un control de calidad que garantice el cumplimiento de las especificaciones y el diseño utilizando el horno.	INV E 729-13	ASTM D6307-10
7	Análisis granulométrico de los agregados extraídos de mezclas asfálticas	Determina la conformidad con la especificación de la distribución granulométrica de los agregados utilizados para realizar mezclas asfálticas.	INV E 782-13	ASTM D5444-08

No.	ENSAYO DE LABORATORIO	IMPORTANCIA	NORMAS DE REFERENCIA	
8	Evaluación de la adherencia entre capas de firme, mediante ensayo de corte	Se determina para realizar un control de calidad de las capas de un pavimento compactado (extracción de núcleos) y también sirve para evaluar la efectividad de emulsiones utilizadas en riegos de adherencias en mezclas realizadas en laboratorio	NLT 382-08	UNE EN 12697-30/31
9	Evaluación de la susceptibilidad al agua de las mezclas de concreto asfáltico utilizando la prueba de tracción indirecta	Establece el potencial de daño por humedad de mezclas asfálticas y también se utiliza para determinar si un mejorador de adherencia es efectivo, en caso de que lo sea saber la cantidad óptima para maximizar su efectividad	INV E 725-13	ASTM D4867 / D4867M-09
10	Medida de la macrotextura superficial de un pavimento empleando la técnica volumétrica	La macrotextura está relacionada con la fricción de una superficie de pavimento, en condición húmeda en especial a altas velocidades	INV E 791-13	ASTM E 965-96 / NLT 335/00
11	Medida de la permeabilidad de mezclas asfálticas para pavimentación empleando un permeámetro de pared flexible	Determina la conductividad del agua en muestras saturadas de mezclas asfálticas	INV E 805-13	Florida DOT FM 5-565
12	Medida del coeficiente de resistencia al deslizamiento usando péndulo británico	Mide las propiedades superficiales de fricción de un pavimento ya sea en campo o en laboratorio y de esta manera poder garantizar el rozamiento seguro evitando deslizamientos de las llantas con el pavimento	INV E 792-13	ASTM E 303-93 / 501-08
13	Residuo por evaporación de las emulsiones asfálticas	Indica la composición característica de una emulsión asfáltica	INV E 771-14	ASTM D6934 - 08 / NLT
14	Determinación del índice de rotura de las emulsiones bituminosas catiónicas	Determina si una emulsión asfáltica es de rotura rápida o lenta, al calcular la cantidad necesaria de polvo mineral de referencia para producir su rotura.	UNE-EN 13075-1: 2009	
15	PH de las emulsiones asfálticas	Se identifica el tipo de emulsión según su pH como aniónica (básica) o catiónica (ácida). Esto puede representar el probable comportamiento de las emulsiones frente a los agregados.	INV E 768-13	NLT 195 /92



#### 4.4. Especificaciones generales de construcción de carreteras

Las especificaciones estipulan los requisitos de calidad, establecen estándares y describen los procedimientos generales de ejecución y procedimientos detallados de control y recibo de trabajos que se ejecutan en la red nacional de carreteras. Además, establecen criterios para incluir o no la aceptación o rechazo de la obra ejecutada, los resultados de los ensayos y las pruebas realizadas por el constructor. Sin embargo, estas especificaciones son generales y se deben complementar con las especificaciones particulares de cada proyecto, prevaleciendo las particulares sobre las generales. (Especificaciones INVÍAS, 2013)

**Tabla 2.** Especificaciones consultadas para evaluar los resultados de los ensayos obtenidos.

ESPECIFICACIONES		Pavimento flexible	Pavimento rígido
<i>Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras (2013)</i>	<i>Instituto Nacional de Vías (INVÍAS)</i>	<i>Capítulo 4 Pavimentos asfálticos</i>	<i>Capítulo 5 Pavimentos de concreto</i>
<i>Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público Para Bogotá D.C.</i>	<i>Instituto de Desarrollo Urbano (IDU)</i>	<i>Capítulo 6 Riegos y Mezclas asfálticas</i>	<i>Capítulo 8 Concreto hidráulico</i>
<i>Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing</i>	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)</i>	<i>Chapter Bituminous Materials</i>	<i>Chapter Hydraulic Cement</i>

#### 4.5. Calidad

La calidad es el grado en el que un conjunto de características inherentes a un objeto (producto, servicio, proceso, persona, organización, sistema o recurso) cumple con los requisitos (ISO 9000, 2015).

#### 4.6. Sistema de gestión de calidad

Un Sistema de Gestión de Calidad es un conjunto de elementos relacionados entre sí bajo procesos de trabajo orientados en alcanzar la calidad de un producto o servicio. Dichos elementos pueden ser recursos humanos, recursos económicos, infraestructura y equipos, conocimientos y experiencia enfocados en la calidad del producto o del servicio con el que trabaje la organización (Torres, 2020).



## 5. METODOLOGÍA

El direccionamiento estratégico de la empresa está enfocado en prestar un servicio de la mejor calidad, cumplir con los plazos establecidos y superar las expectativas de los clientes. Los procesos ejecutados a lo largo de la práctica académica se realizaron con base a estos lineamientos desde el momento en que el cliente realizaba la solicitud de ensayos hasta que se entregaban los resultados e informes técnicos, estos procesos se presentan a continuación:

### 5.1. Solicitud de ensayos

En la Figura 1 se presenta en un esquema el procedimiento realizado como auxiliar de ingeniería en el momento que el cliente solicitaba los ensayos.

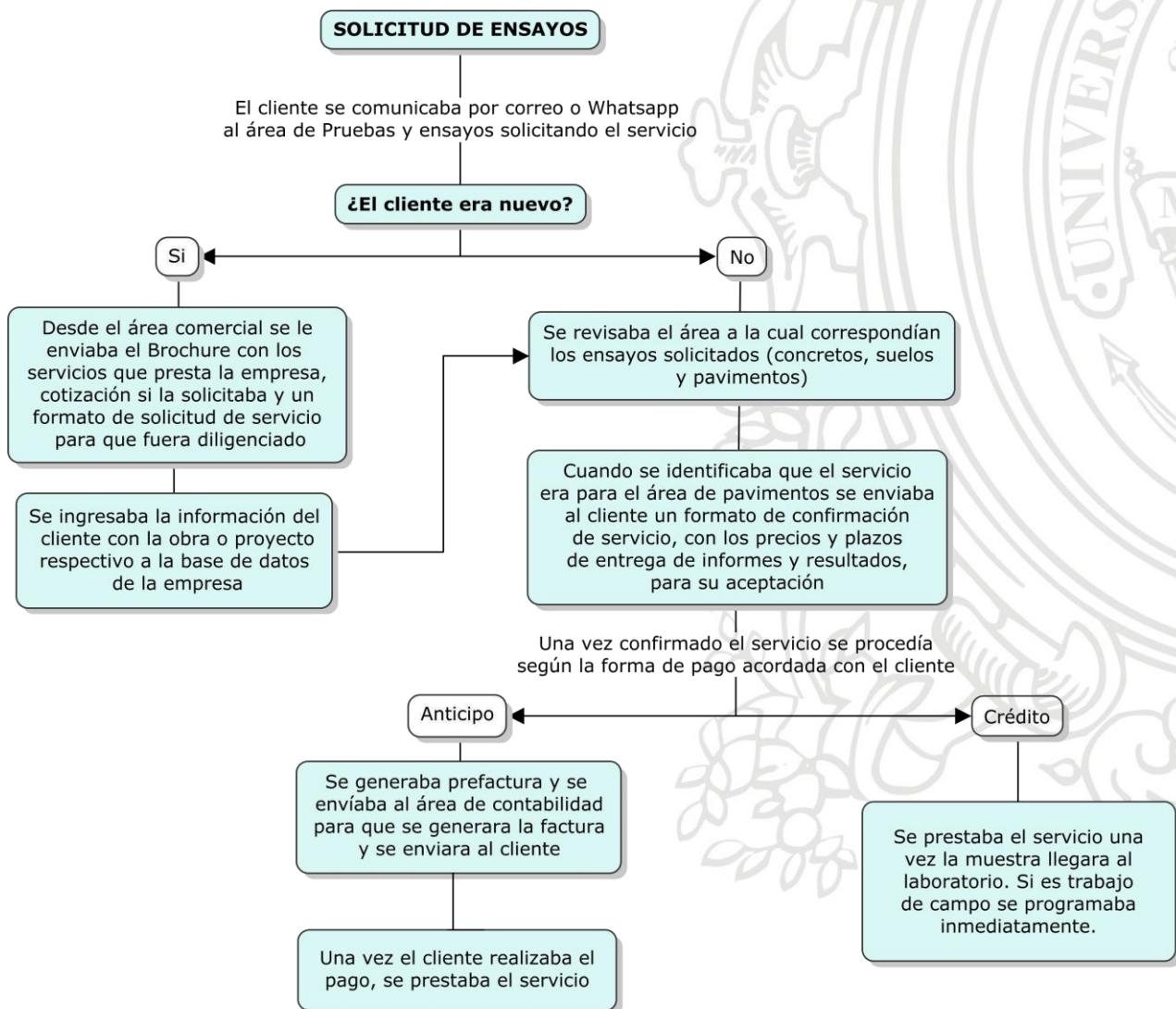


Figura 1. Esquema del proceso de solicitud de ensayos. Fuente: elaboración propia.

## 5.2. Recepción de muestras y programación de ensayos en campo

En la Figura 2 se presenta un esquema que muestra el proceso realizado para ingresar las muestras o programar ensayos en campo.

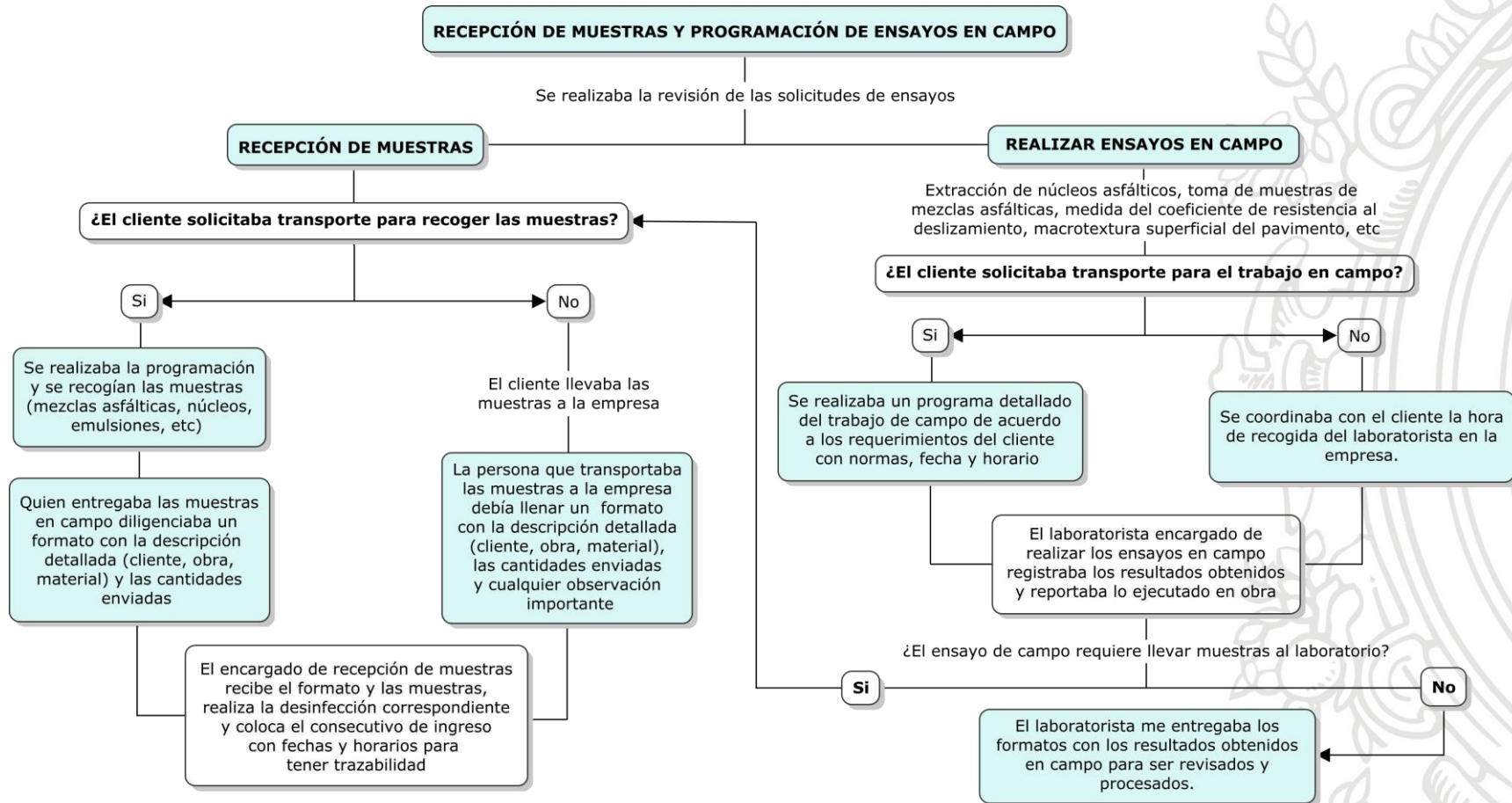


Figura 2. Esquema de recepción de muestras en la empresa. Fuente: Elaboración propia

### 5.3. Ingreso de muestras al laboratorio

Una vez las muestras eran ingresadas a la empresa, se procedía según lo mostrado en la Figura 3 para ingresarlas con la programación y los plazos establecidos al proceso en el laboratorio, así:

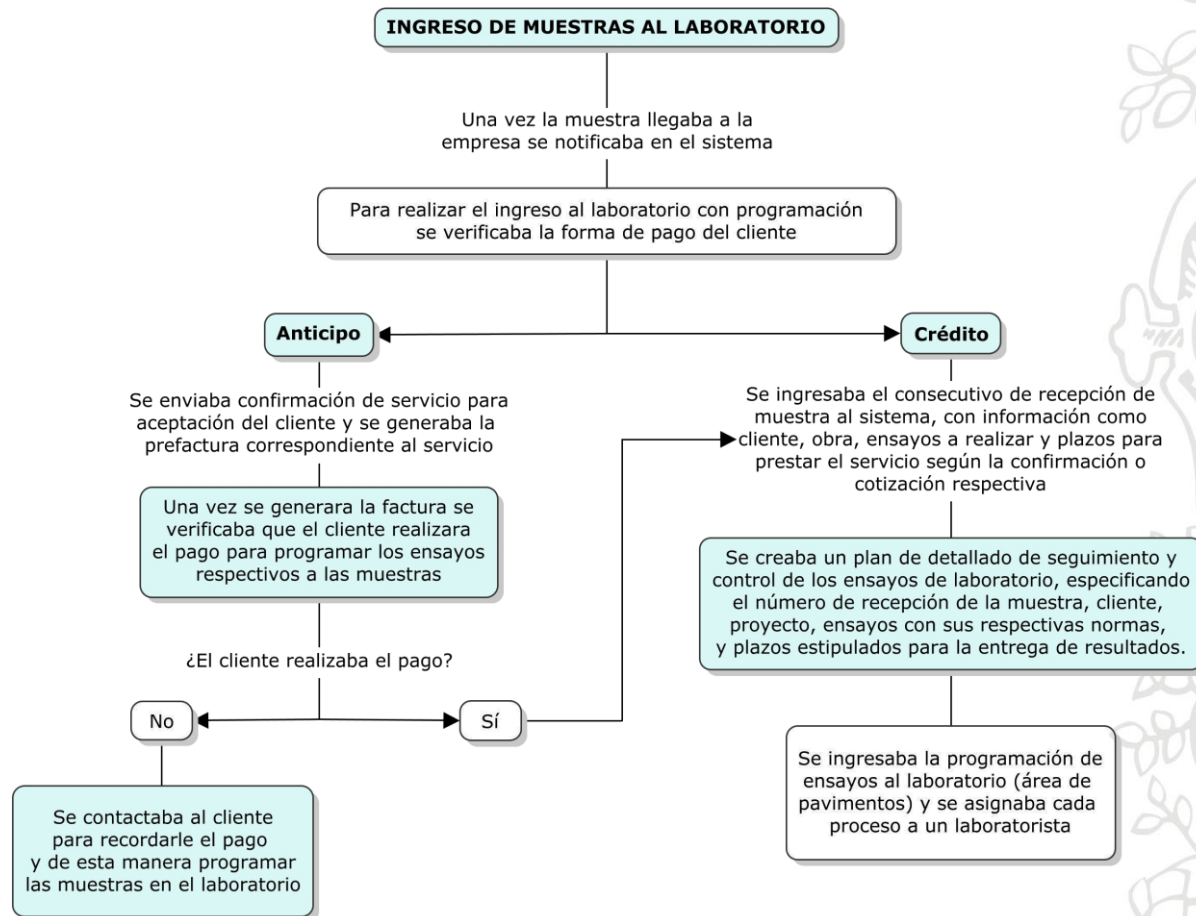


Figura 3. Esquema del proceso de ingreso de muestras al laboratorio. Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4. Evaluación de resultados

Para evaluar los resultados obtenidos en los ensayos del área de pavimentos se debía estudiar muy bien la norma y las especificaciones aplicables a cada ensayo, tipo de mezcla y condiciones externas. El procedimiento que se realizaba es el presentado en la Figura 4.

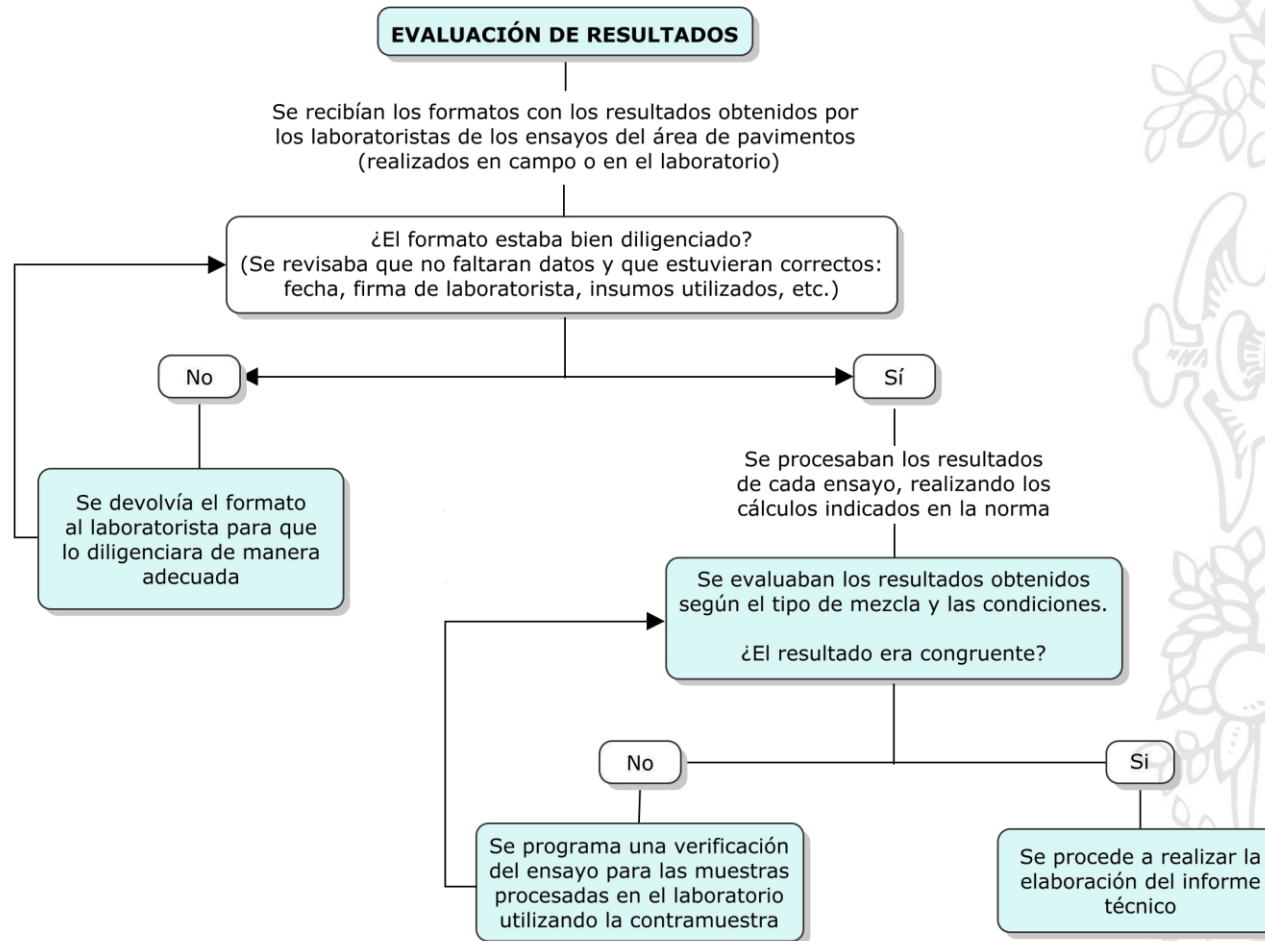
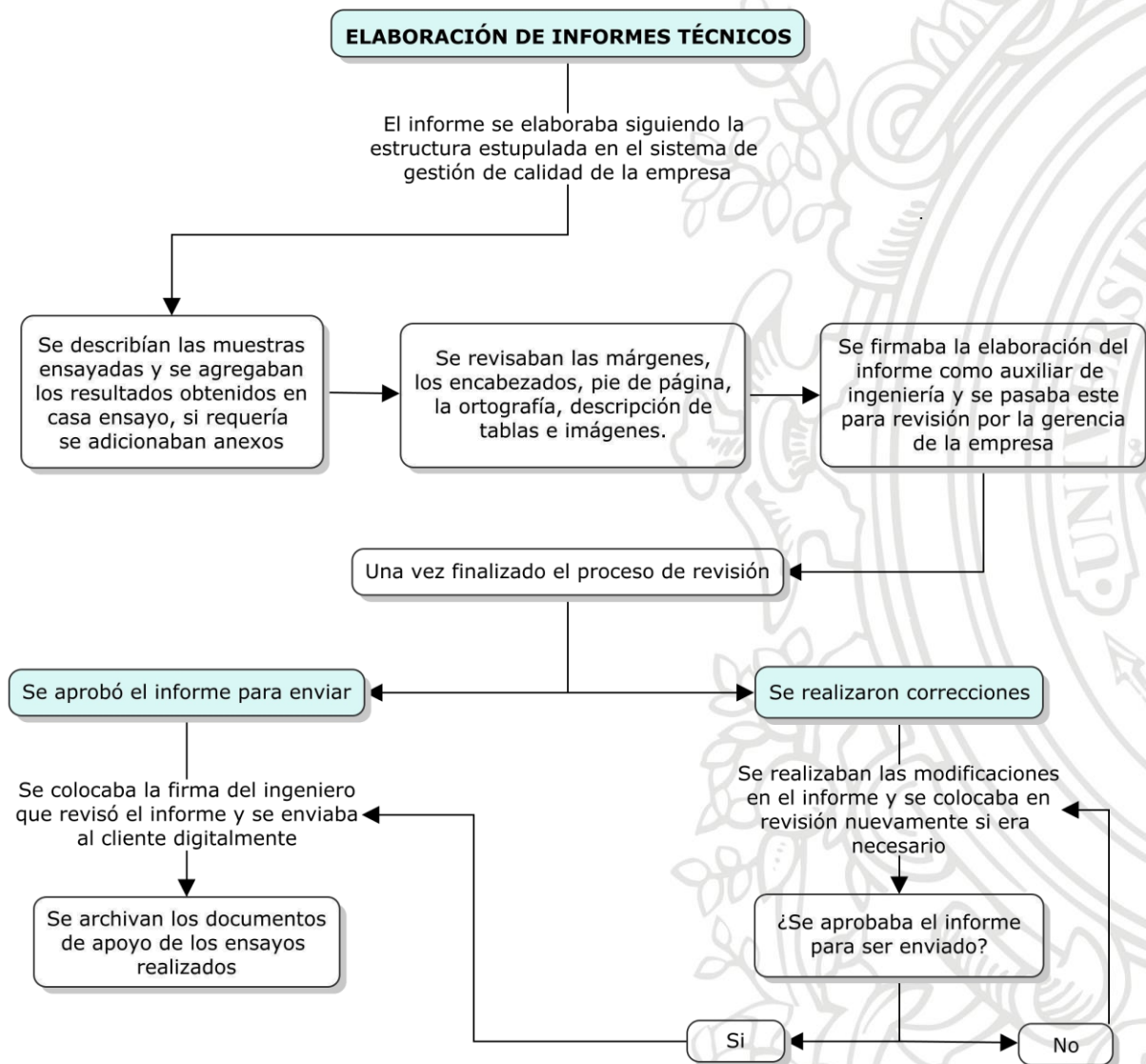


Figura 4. Evaluación de los resultados obtenidos en los ensayos. Fuente: elaboración propia



## 5.5. Elaboración de informes técnicos

Finalmente, en la Figura 5 se presenta de manera resumida el procedimiento de elaboración de informes técnicos, el cual se realizaba una vez obtenidos los resultados de los ensayos tanto de campo como de laboratorio.



**Figura 5.** Esquema de la elaboración de informes técnicos. Fuente: elaboración propia.

## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Durante el proceso de la práctica se realizaban ensayos de laboratorio y campo para diferentes empresas y obras. A continuación, se describen los resultados obtenidos para 3 obras, dos de ellas con ensayos de laboratorio y la tercera con ensayos de campo.

### 6.1. Control de calidad de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

- Empresa 1



**Imagen 5.** Toma de muestra de mezcla asfáltica en caliente. Fuente: Cesar García laboratorista de Evaltec S.A.

En la Tabla 3 se relacionan los ensayos realizados sobre mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

**Tabla 3.** Ensayos realizados sobre mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

<b>Ensayos realizados</b>	<b>Norma</b>
<i>Extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos</i>	<i>INV E 729-13 Método A</i>
<i>Análisis granulométrico de los agregados extraídos de mezclas asfálticas</i>	<i>INV E 782-13</i>
<i>Gravedad específica bulk y densidad de mezclas asfálticas compactadas</i>	<i>INV E 733-13</i>
<i>Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall</i>	<i>INV E 748-13, INV E 800-13</i>

<b>Ensayos realizados</b>	<b>Norma</b>
<i>Gravedad específica máxima de las mezclas asfálticas para pavimentos</i>	<i>INV E 735-13</i>
<i>Evaluación de la susceptibilidad al agua de las mezclas asfálticas compactadas utilizando la prueba de tracción indirecta</i>	<i>INV E 725-13</i>

- **Resultados obtenidos:**

En la Tabla 4 se presenta el contenido de asfalto y la distribución granulométrica obtenida de la primera muestra ensayada de mezcla asfáltica tipo MDC-19 con RAP, de esta manera se obtienen los resultados de las otras dos muestras. Los valores obtenidos se comparan con la especificación del artículo 450-13 del INVÍAS.

El contenido de asfalto de la fórmula de trabajo es 5,1%.

En la Tabla 5 se presenta el resumen de los resultados obtenidos de contenido de asfalto y distribución granulométrica de las 3 muestras tomadas el día 18 de noviembre de 2020.



**Tabla 4.** Resultados de gradación y contenido de asfalto de la primera muestra de mezcla asfáltica.

CONTENIDO DE ASFALTO									
Peso inicial de la muestra (g)	2077,0	Factor de calibración			0,81%	<b>% DE ASFALTO</b>			
Perdida (g)	132,3	Factor por temperatura			0,14%	<b>5,4%</b>			
NORMA DE ENSAYO: INV E 729-13 - Método A.		EQUIPO UTILIZADO: Balanza Ohaus G3-121/Calibración 12 de agosto de 2020, mufla G2-318							
Peso inicial muestra (g)		1947,9							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE LA MEZCLA									
Tamices	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No.40	No.80	No. 200	Pasa No.200
	19,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,43	0,18	0,07	128,8
Retenido (g)	0	173,0	203,8	441,7	437,1	359,0	126,5	78,0	128,8
% retenido	0	9	10	23	22	18	6	4	7
% retenido acumulado	0	9	19	42	64	83	89	93	100
<b>% que pasa</b>	<b>100</b>	<b>91</b>	<b>81</b>	<b>58</b>	<b>36</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>7,0</b>	-
Especificación INVIAS Artículo 450-13 MDC-19 Inferior	100	80	70	49	29	14	8	4,0	-
Especificación INVIAS Artículo 450-13 MDC-19 Superior	100	95	88	65	45	25	17	8,0	-
NORMA DE ENSAYO: INV E 782-13		EQUIPO UTILIZADO: Balanza G3-121/Calibración 12 de agosto de 2020							

El gráfico muestra la gradación de la muestra y su comparación con la especificación INVIAS Artículo 450-13 MDC-19. El eje horizontal (X) representa el tamaño de tamiz en milímetros, con valores: 19, 12,5, 9,5, 4,75, 2, 0,425, 0,18, 0,075 y Tamiz. El eje vertical (Y) representa el porcentaje que pasa, desde 0 hasta 100. La línea azul sólida muestra los resultados de la muestra, y la línea verde discontinua muestra la especificación. La muestra cumple con la especificación inferior pero no con la superior.

Tamaño de Tamiz (mm)	% que pasa (Muestra)	% que pasa (Especificación Inferior)	% que pasa (Especificación Superior)
19	100	100	100
12,5	91	91	95
9,5	81	81	88
4,75	58	58	65
2	36	36	45
0,425	17	17	25
0,18	11	11	17
0,075	7,0	7,0	8,0

**Tabla 5.** Resumen de los resultados obtenidos de gradación y contenido de asfalto para las 3 muestras tomadas según el artículo 450 de las especificaciones INVÍAS

Tipo de Mezcla	Fecha de producción	Muestreo No.	% de asfalto	% que pasa							
				3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 80	No. 200
MDC-19 con RAP	18 de noviembre de 2020	1	5,4%	100	91	81	58	36	17	11	7,0
		2	5,3%	100	87	76	55	33	16	10	6,0
		3	5,7%	100	90	81	59	36	17	11	7,0
<b>Promedio</b>			<b>5,5%</b>	<b>100</b>	<b>89</b>	<b>79</b>	<b>57</b>	<b>35</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>6,7</b>
Límite inferior especificación INVÍAS MDC-19			5,0%	100	80	70	49	29	14	8	4,0
Límite superior especificación INVÍAS MDC-19			6,0%	100	95	88	65	45	25	17	8,0
Tolerancia inferior por fórmula de trabajo			4,8%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tolerancia superior por fórmula de trabajo			5,4%	-	-	-	-	-	-	-	-

La granulometría de las 3 muestras está dentro de las franjas estipuladas en el artículo 450 de las especificaciones del INVÍAS para mezcla tipo MDC-19, esto quiere decir que **cumple**. No se compara con la franja de la fórmula de trabajo porque no fue suministrada por el cliente.

Según el apartado **450.5.2.3.1** del artículo 450 de las especificaciones del INVÍAS, el contenido de asfalto promedio del lote tiene una tolerancia de 0.3% con respecto a la fórmula de trabajo. El contenido de asfalto promedio del lote es de 5.5% y el óptimo según la fórmula de trabajo es de 5.1% lo que significa que **no cumple**. El contenido de asfalto de cada muestra individual tiene una tolerancia de 0.5% con respecto al resultado promedio del lote, este ítem sí lo cumple.

Si se obtiene un porcentaje de asfalto promedio por fuera de la tolerancia implica rechazo del lote (remoción mediante fresado) a menos que cuando exceda el ligante, el Constructor verifique y demuestre que la mezcla no tendrá problemas en su comportamiento ni comprometa la seguridad de los usuarios, este sería el caso para la obra

**Tabla 6.** Resultados de gravedad específica máxima, gravedad específica bulk, estabilidad, flujo y contenido de vacíos con aire en briquetas Marshall.

Tipo de mezcla	Fecha de producción	Briqueta	Gravedad Específica Bulk a 25°C	Estabilidad (N)	Flujo (mm)	Estabilidad / flujo (kN/mm)	Gravedad específica máxima	Vacíos con Aire %						
MDC-19 con RAP	18 de noviembre de 2020	1	2,495	17068	4,3	4,0	2,575	3,1						
		2	2,469	14012	4,7	3,0		4,1						
		3	2,475	13638	4,3	3,2		3,9						
		4	2,480	15134	6,3	2,4		3,7						
<b>Promedio</b>			<b>2,480</b>	<b>14963</b>	<b>4,9</b>	<b>3,1</b>	<b>2,575</b>	<b>3,7</b>						
Especificación para promedio INVIAS NT3			---	≥9000	2,0 a 3,5	3,0 a 6,0	---	<table border="1"> <tr> <td><b>Rodadura</b></td> <td>4,0 - 6,0</td> </tr> <tr> <td><b>Intermedia</b></td> <td>4,0 - 7,0</td> </tr> <tr> <td><b>Base</b></td> <td>5,0 - 8,0</td> </tr> </table>	<b>Rodadura</b>	4,0 - 6,0	<b>Intermedia</b>	4,0 - 7,0	<b>Base</b>	5,0 - 8,0
<b>Rodadura</b>	4,0 - 6,0													
<b>Intermedia</b>	4,0 - 7,0													
<b>Base</b>	5,0 - 8,0													
Especificación por fórmula de trabajo para promedio			2,439	≥14839	2,5 a 3,7	---	2,563	4,6						

El porcentaje de vacíos con aire promedio obtenido es de 3.7 y el intervalo admisible de una capa de rodadura esta entre 4.0 y 6.0 por lo tanto **no cumple**. Ningún valor individual puede alejarse en más de 0.5% de los límites del rango y el primer valor da 3.1%, **no cumple**. Esto implica que se rechace el lote y se deba retirar el pavimento mediante fresado.

La estabilidad promedio de la mezcla debe ser como mínimo el 90% de la estabilidad de la fórmula de trabajo,  $E_m = 14963N \geq 14839N$  por esto **cumple**. Los valores de estabilidad de cada biqueta deben estar entre 9000N y 20610N, todos cumplen.



El flujo promedio de la mezcla debe estar entre el 80% y el 120% del valor de flujo de la fórmula de trabajo, para esta mezcla es de 2.5 a 3.7, sin que esté por fuera de los límites establecidos en la especificación INVÍAS (2.0 – 3.5), **no cumple**. La relación Estabilidad / Flujo (KN/mm) de cada probeta debe estar entre 3.0 y 6.0, una de las probetas **no cumple**, por esto se debe rechazar el lote.

En la Tabla 7 se presentan los resultados del ensayo de tracción indirecta obtenido de la muestra ensayada tipo MDC-19 con RAP. Los valores obtenidos se comparan con la especificación correspondiente a la banda de diseño del artículo 450-13.

**Tabla 7.** Resultado del ensayo de susceptibilidad al agua utilizando la prueba de tracción indirecta.

<b>FECHA DE PRODUCCIÓN:</b> 18 de noviembre de 2020						
<b>Briqueta</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
% Vacíos con aire	6,9	6,7	6,2	6,7	6,6	6,9
Volumen de vacíos con aire	35,71	34,63	31,90	34,59	33,92	36,03
Tipo de curado	Seco	Seco	Saturado	Saturado	Saturado	Seco
<b>SATURACIÓN MEDIANTE VACÍO</b>						
% saturación	-	-	72,4	74,6	71,6	-
<b>ACONDICIONAMIENTO DE 24 HORAS EN AGUA (60°C)</b>						
% saturación	-	-	103,15	96,27	94,35	-
% hinchamiento	-	-	0,97	0,85	0,89	-
Carga (N)	13310	14090	9300	9000	9500	13780
Resistencia seca (kPa)	1301,62	1350,55	-	-	-	1319,18
Resistencia seca promedio (kPa)	1323,78					
Resistencia húmeda (kPa)	-	-	892,20	857,429	905,753	-
Resistencia húmeda promedio (kPa)	885,13					
Relación de resistencia a la tracción, RRT (%)	66,86					
Especificación INVÍAS, % mínimo	≥ 80					

La evaluación de la susceptibilidad que tiene la mezcla compactada a la acción del agua se evalúa cuando el interventor lo considere necesario, sobre 6 probetas moldeadas en el laboratorio en donde 3 de ellas se curan en seco y las otras 3 se curan en húmedo. El valor de la resistencia promedio del grupo de probetas con curado húmedo debe ser como mínimo el 80% de la resistencia promedio del grupo de probetas con curado en seco, en este caso es del 69% por lo tanto **no cumple**.

En este caso, se deben extraer 6 núcleos tomados de los lotes en los que posiblemente se pueda presentar esta situación y realizar el ensayo nuevamente, si estos no cumplen se debe rechazar el lote.

## 6.2. Control de calidad de mezclas asfálticas compactadas

- Empresa 2



**Imagen 6.** Núcleos asfálticos extraídos de pavimento, mezcla tipo MDC-19. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8.** Ensayos realizados sobre mezclas asfálticas compactadas.

<b>Ensayos realizados</b>	<b>Norma</b>
Gravedad específica Bulk y densidad de mezclas asfálticas compactadas	INV E 733-13
Espesor o altura de especímenes compactados de mezclas asfálticas	INV E 744-13

- **Resultados obtenidos:**

En la Tabla 9 se presentan los resultados de densidad y espesor de núcleos de mezcla asfáltica compactada, gravedad específica Bulk y grado de compactación de la mezcla. De acuerdo con el artículo 450-13 de las especificaciones INVIAE, el criterio utilizado para realizar la definición de los lotes fue la obra ejecutada durante una jornada de trabajo.

**Tabla 9. Resultados de densidad, espesor y grado de compactación de núcleos de mezclas asfálticas compactadas.**

TIPO DE CAPA: Rodadura																	
TIPO DE MEZCLA: MDC-.19																	
NORMA DE ENSAYO INV E-733-13 / INV E-744-13																	
Lote No.	Muestra No.	Fecha de colocación	Abscisa	Margen izquierda	Eje	Margen derecha	Densidad del núcleo (Kg/m <sup>3</sup> )	Espesor del núcleo (cm)	Peso del núcleo SSS (g)	Peso del núcleo en H <sub>2</sub> O (g)	Peso del núcleo al aire (g)	Temperatura del agua (°C)	Factor de corrección K	Gravedad específica Bulk a 25°C	Gravedad específica máxima (Gmm)	% de agua absorbida	Grado de compactación (Gci), %
1	1	11 de junio de 2020	K1+463			X	2402	10,5	1996,4	1169,8	1991,8	25,0	1,0000	2,410	2,542	0,6	94,8
	2		K1+500			X	2494	11,2	2253,0	1353,0	2251,5	25,0	1,0000	2,502		0,2	98,4
	3		K0+095	X			2455	11,2	2246,0	1336,2	2240,2	25,0	1,0000	2,462		0,6	96,9
	4		K0+060	X			2465	10,5	2177,5	1297,7	2175,6	25,0	1,0000	2,473		0,2	97,3
	5		K0+080		X		2465	11,2	2296,8	1369,4	2293,1	25,0	1,0000	2,473		0,4	97,3
2	6	12 de junio de 2020	K0+142		X		2535	10,6	2224,9	1350,0	2224,2	25,0	1,0000	2,542	2,532	0,1	100,4
	7		K0+170			X	2515	10,3	2125,8	1284,1	2123,6	25,0	1,0000	2,523		0,3	99,6
	8		K0+195	X			2525	10,5	2173,0	1315,7	2171,1	25,0	1,0000	2,532		0,2	100,0
	9		K0+220	X			2518	10,6	2180,1	1317,8	2178,0	25,0	1,0000	2,526		0,2	99,8
	10		K0+240		X		2512	11,5	2401,3	1448,9	2399,4	25,0	1,0000	2,519		0,2	99,5
3	13	13 de junio de 2020	K0+257			X	2531	11,4	2356,5	1428,8	2354,9	25,0	1,0000	2,538	2,539	0,2	100,0
	14		K0+277			X	2518	11,1	2289,6	1383,7	2288,1	25,0	1,0000	2,526		0,2	99,5
	15		K0+304	X			2484	10,6	2181,6	1306,3	2180,4	25,0	1,0000	2,491		0,1	98,1
	16		K0+325	X			2499	10,5	2185,1	1314,1	2183,5	25,0	1,0000	2,507		0,2	98,7
	17		K0+357		X		2503	10,9	2266,6	1364,0	2265,6	25,0	1,0000	2,510		0,1	98,9



<b>TIPO DE CAPA: Rodadura</b>																		
<b>TIPO DE MEZCLA: MDC-.19</b>																		
<b>NORMA DE ENSAYO INV E-733-13 / INV E-744-13</b>																		
Lote No.	Muestra No.	Fecha de colocación	Abscisa	Margen izquierda	Eje	Margen derecha	Densidad del núcleo (Kg/m <sup>3</sup> )	Espesor del núcleo (cm)	Peso del núcleo SSS (g)	Peso del núcleo en H <sub>2</sub> O (g)	Peso del núcleo al aire (g)	Temperatura del agua (°C)	Factor de corrección K	Gravedad específica Bulk a 25°C	Gravedad específica máxima (Gmm)	% de agua absorbida	Grado de compactación (GCI), %	
<b>4</b>	<b>18</b>	14 de junio de 2020	K0+393			X	<b>2499</b>	10,8	2272,2	1366,3	2270,7	25,0	1,0000	2,507	2,540	0,2	<b>98,7</b>	
	<b>19</b>		K0+510		X		<b>2519</b>	9,7	2041,0	1233,9	2038,8	25,0	1,0000			2,526	0,3	<b>99,5</b>
	<b>20</b>		K0+540	X			<b>2447</b>	10,5	2150,5	1277,4	2142,6	25,0	1,0000			2,454	0,9	<b>96,6</b>
	<b>21</b>		K0+554			X	<b>2502</b>	11,3	2387,5	1437,7	2384,0	25,0	1,0000			2,510	0,4	<b>98,8</b>
	<b>22</b>		K0+590		X		<b>2445</b>	9,8	2005,3	1189,7	2000,1	25,0	1,0000			2,452	0,6	<b>96,5</b>
<b>5</b>	<b>24</b>	15 de junio de 2020	K0+620	X			<b>2509</b>	10,4	2120,3	1278,6	2118,3	25,0	1,0000	2,517	2,536	0,2	<b>99,2</b>	
	<b>25</b>		K0+660	X			<b>2497</b>	10,0	2062,0	1239,3	2060,3	25,0	1,0000			2,504	0,2	<b>98,8</b>
	<b>26</b>		K0+700		X		<b>2516</b>	10,3	2120,9	1281,0	2119,6	25,0	1,0000			2,524	0,2	<b>99,5</b>
	<b>27</b>		K0+740			X	<b>2467</b>	11,1	2272,0	1355,0	2269,1	25,0	1,0000			2,474	0,3	<b>97,6</b>
	<b>28</b>		K0+855		X		<b>2474</b>	10,4	2137,4	1276,8	2135,9	25,0	1,0000			2,482	0,2	<b>97,9</b>
<b>6</b>	<b>30</b>	11 de junio de 2020	K0+920	X			<b>2468</b>	9,5	1977,5	1180,4	1973,0	25,0	1,0000	2,475	2,540	0,6	<b>97,4</b>	
	<b>31</b>		K0+940		X		<b>2479</b>	10,4	2164,3	1294,7	2162,0	25,0	1,0000			2,486	0,3	<b>97,9</b>
	<b>32</b>		K0+970			X	<b>2446</b>	11,1	2265,0	1344,5	2258,5	25,0	1,0000			2,454	0,7	<b>96,6</b>
	<b>33</b>		K0+990			X	<b>2469</b>	11,5	2392,7	1428,8	2387,4	25,0	1,0000			2,477	0,5	<b>97,5</b>
	<b>34</b>		K1+015		X		<b>2498</b>	10,5	2210,9	1329,5	2208,5	25,0	1,0000			2,506	0,3	<b>98,6</b>

Inicialmente se revisa el cumplimiento de las especificaciones descritas en el artículo 450-13 para definir si se puede emitir un criterio de aceptación o rechazo de los lotes evaluados. En esta se establece que se deben evaluar como mínimo 5 muestras de núcleos asfálticos por lote, para este caso el lote se define como lo ejecutado en una jornada de trabajo (fecha de colocación) por capa, lo cual significa que los 6 lotes evaluados **cumplen** con este ítem.

Para proceder con la evaluación de aceptación de los lotes de mezcla asfáltica representados por los núcleos ensayados, se realiza el procedimiento descrito en las especificaciones para mezcla asfáltica en caliente de gradación continua (Art.450-13) en el cual se debe tener en cuenta el tipo de capa y el nivel de tránsito para definir el valor mínimo de compactación que debe tener la mezcla como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Grado de compactación mínimo de mezcla asfáltica. Fuente: INVÍAS

TIPO DE CAPA	Grado de compactación mínimo GCmin (%)		
	Nivel de tránsito		
	NT1	NT2	NT3
Rodadura	94,0	94,0	93,0
Intermedia	92,0	92,0	92,0
Base	-	91,0	91,0
Alto módulo	-	-	93,0

**Tabla 11.** Criterio de aceptación o rechazo según grado de compactación de los lotes de mezclas asfáltica.

TIPO DE CAPA: RODADURA						
TIPO DE MEZCLA: MDC-19						
Lote	Grado de Compactación Promedio (GCm), %	Factor límite inferior del intervalo de confianza (K)	Desviación Estándar (s)	GCI(90) %	Grado de Compactación Mínimo (GCmin), %	Criterio de Aceptación $GCI(90) \geq GCmin$
1	96,9	0,686	1,32	96,0	93,0	Si cumple
2	99,9	0,686	0,36	99,6	93,0	Si cumple
3	99,0	0,686	0,72	98,5	93,0	Si cumple
4	98,0	0,686	1,35	97,1	93,0	Si cumple
5	98,6	0,686	0,84	98,0	93,0	Si cumple
6	97,6	0,686	0,74	97,1	93,0	Si cumple

El grado de compactación de los 6 lotes está por encima del valor mínimo requerido según la capa evaluada que es de rodadura y el nivel de tránsito NT3. El espesor es superior al de diseño.

### 6.3. Evaluación de fricción del pavimento en mezclas asfálticas

- Empresa 3



*Imagen 7. Péndulo británico para determinar la resistencia al deslizamiento. Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 12. Ensayos realizados en campo para determinar la fricción del pavimento.*

Ensayos realizados	Norma
Medida del coeficiente de resistencia al deslizamiento usando péndulo británico	INV E 792-13
Medida de la macrotextura superficial de un pavimento empleando la técnica volumétrica	INV E 791-13

- **Resultados obtenidos:**

En la Tabla 13 se presentan los resultados obtenidos del coeficiente de resistencia al deslizamiento (CRD) y se comparan con el valor mínimo admisible según las Especificaciones Técnicas Generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público para Bogotá D.C, sección 510-11 IDU que es de 0.55.



**Tabla 13.** Resultados del coeficiente de resistencia al deslizamiento con péndulo británico.

CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO		TIPO DE MEZCLA: MD-10															
		TEXTURA: Rugosa / Áspera															
IDENTIFICACIÓN DEL TRAMO		FECHA DE ENSAYO	ENSAYO No.	LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO				LECTURAS						CRD Medido	CRD <sub>20</sub> Corregido por temperatura	TEMPERATURA SUPERFICIAL (°C)	CUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES IDU SECCIÓN 510-11
No.	DIRECCIÓN			ABSCISA	CARRIL	HUELLA	ZONA	1	2	3	4	5	PROMEDIO				
1	Cr. 28 entre Cl. 54 Sur y Cl. 54A Sur	12/08/2020	1	K0+010	Derecho	Externa	Tangente	65	65	65	65	65	65	0,65	0,66	26	Cumple
			2	K0+022	Izquierdo	Externa	Tangente	65	65	65	65	65	65	0,65	0,66	26	Cumple
			3	K0+038	Derecho	Interna	Tangente	65	65	65	65	65	65	0,65	0,66	27	Cumple
2	Cr. 25 entre Dg. 52A Sur y Dg. 52 Sur	12/08/2020	1	K0+000	Derecho	Externa	Tangente	60	60	60	60	60	60	0,60	0,61	28	Cumple
			2	K0+020	Izquierdo	Externa	Tangente	65	65	65	65	65	65	0,65	0,66	28	Cumple
			3	K0+040	Derecho	Interna	Tangente	67	67	67	67	67	67	0,67	0,69	29	Cumple
			4	K0+060	Izquierdo	Interna	Tangente	60	60	60	60	60	60	0,60	0,62	29	Cumple
3	Cl. 53 Sur entre Cr. 18 y Cr. 18B	16/08/2020	1	K0+010	Derecho	Externa	Tangente	58	58	58	58	58	58	0,58	0,58	22	Cumple
			2	K0+030	Izquierdo	Externa	Tangente	65	65	65	65	65	65	0,65	0,65	22	Cumple
			3	K0+050	Derecho	Interna	Tangente	65	65	65	65	65	65	0,65	0,65	22	Cumple
			4	K0+070	Izquierdo	Interna	Tangente	60	60	60	60	60	60	0,60	0,60	22	Cumple

Como se indica en la norma INV E-792-13 en el anexo B, se debe realizar una corrección por temperatura del pavimento ya que el péndulo utiliza una zapata de caucho natural, y la temperatura que se tiene de referencia es de 20°C. En este caso todos los tramos evaluados cumplen con el valor mínimo exigido.

En la Tabla 14 se presentan los resultados obtenidos de la profundidad de textura mediante el método volumétrico del pavimento ensayado. En las especificaciones del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá D.C. no se encuentran valores de referencia para evaluar la profundidad media de textura superficial del pavimento, por esta razón se hace la evaluación de acuerdo con lo indicado en el artículo 450-13 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVÍAS, en el cual se establece que el valor mínimo admisible es de 0.35 y todos los tramos lo cumplen.

**Tabla 14.** Resultados obtenidos de las mediciones de textura superficial mediante el método del círculo de arena.

Clasificación visual del pavimento: Rugoso / Áspero													
Volumen de Arena (mm <sup>3</sup> ): 25000													
Tipo de mezcla: MD-10													
Tramo No.	Fecha de ensayo	Ensayo No.	Determinación No.	Abscisa	Costado	Medidas de diámetro (mm)				Promedio (mm)	Profundidad de textura por determinación (mm)	Promedio de profundidad de textura por ensayo (mm)	CUMPLIMIENTO CON LAS ESPECIFICACIONES DEL INVÍAS ART 450-13 Textura mínima 0,35 (mm)
						1	2	3	4				
1	12 de agosto de 2020	1	1	K0+025	Izquierdo	210	230	200	210	212,5	0,70	0,49	Cumple
			2			300	260	300	290	287,5	0,39		
			3			290	310	290	300	297,5	0,36		
			4			250	240	250	240	245,0	0,53		
2	12 de agosto de 2020	1	1	K0+045	Eje	250	260	260	260	257,5	0,48	0,43	Cumple
			2			280	260	260	280	270,0	0,44		
			3			280	280	270	260	272,5	0,43		
			4			320	290	300	280	297,5	0,36		
3	16 de agosto de 2020	1	1	K0+070	Izquierdo	290	270	260	260	270,0	0,44	0,43	Cumple
			2			290	270	270	270	275,0	0,42		
			3			280	260	280	260	270,0	0,44		
			4			280	280	280	280	280,0	0,41		
Profundidad de textura promedio de los tramos											0,45		
Cumplimiento con las especificaciones del INVÍAS Art 450-13 Profundidad de textura mínima 0,35 (mm)											Cumple		

## 7. CONCLUSIONES

Con el trabajo realizado en la práctica académica se apoyó el proceso de ensayos de laboratorio del área de pavimentos de la empresa Evaltec S.A., en donde se resaltan los siguientes puntos:

- Se estipularon los ensayos de control de calidad requeridos por los clientes según las necesidades y el tipo de proyecto involucrado. Dentro de los ensayos realizados durante el proceso de práctica se destacan los siguientes: Determinación del contenido de asfalto, granulometría, gravedad específica máxima de mezclas asfálticas, densidad, espesor y adherencia de núcleos asfálticos pertenecientes a capas intermedias o de rodadura y resistencia al deslizamiento sobre pavimentos asfálticos colocados.
- Se siguieron las normas de control de calidad de la empresa, lo que permitió satisfacer las necesidades de cada ensayo y garantizar la optimización de tiempos y recursos prestando un servicio eficiente y oportuno a los clientes.
- Se realizó un análisis de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio y de campo en donde se encontraron aquellos resultados que cumplían con las especificaciones y normativa técnica colombiana. También se realizó un proceso de alertar a los clientes en donde los resultados obtenidos no cumplían con los valores mínimos exigidos para que tomaran los correctivos necesarios.

El proceso de práctica me permitió adquirir conocimientos sobre el área de pavimentos en especial la importancia de garantizar la calidad de los materiales utilizados y el correcto proceso de elaboración de mezclas asfálticas siguiendo las cantidades especificadas en los diseños de mezcla. Por otro lado, me mostró la importancia de trabajar con un sistema de gestión de calidad en una empresa, ya que esto genera un mejor control de todos los procesos ejecutados, y se tiene una trazabilidad rigurosa con el fin de evitar al máximo los errores tanto en el manejo y procesamiento de las muestras, como en el reporte de resultados.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Instituto Nacional de Vías, INVÍAS (2013). Glosario de Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Obtenido de: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/glosarios/1017-glosario-manual-diseno-geometrico-carretera/file>
- Hurtado, R. (2016). Análisis comparativo entre pavimento flexible y rígido para uso en ruta cantonal de El Guarco. Costa Rica: Repositorio Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/7271>
- Zúñiga, R. (2015). LABORATORIO NACIONAL DE VIABILIDAD Mezcla Asfáltica en caliente. Ministerio de Obras Públicas. <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/Mezclas%20Asf%C3%A1lticas.pdf>
- Vizcardo, T. & Trinidad, L. (2014). AGREGADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN (PIEDRA Y ARENA). UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-huancavelica/formulacion-de-proyectos/resumenes/tipos-de-agregados/4529371/view>
- Sánchez, N. (2014). ¿Qué son las emulsiones asfálticas? <https://civilgeeks.com/2014/07/18/las-emulsiones-asfalticas/>
- Torres, I. (2020). ¿Qué es un sistema de gestión de la calidad?. Obtenido de: <https://iveconsultores.com/sistema-de-gestion-de-calidad/>
- Instituto Nacional de Vías, INVÍAS. (2013). Normas de ensayo para Materiales de Carretera. Obtenido de: <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos>
- Instituto Nacional de Vías, INVÍAS. (2013). Especificaciones generales de construcción de carreteras. Recuperado de: <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos/1988-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras-ynormas-de-ensayo-para-materiales-de-carreteras>
- ISO 9000:2015. (2015). Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario. *Online Browsing Platform (OBP)*. Obtenido de: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>
- De Vadillo, K. (2020). CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES PARA PAVIMENTOS. *Asfalca, asfaltos de Centroamérica*. Obtenido de: <http://www.asfalca.com/control-de-calidad-de-materiales-para-pavimentos/>