

AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL PARA APOYO EN LA COORDINACIÓN Y
EJECUCIÓN DE PRUEBAS DE CAMPO Y/O LABORATORIO PARA PROYECTOS DE LA
EMPRESA PI S.A.S.

Sergio Alejandro Cárdenas Flórez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Yerly Fabian Martínez Estupiñán

Doctor en ingeniería de transporte y logística

Tutor Empresarial

Joan Sebastián Villamil Ramírez

Especialista en patología de la construcción

Universidad Industrial de Santander

Facultad de ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

A mi querida madre Myriam,

Quien ha dado toda su vida por mí, gracias por ser mi guía y mi inspiración en cada paso de mi vida, por ser el mejor ejemplo a lo largo del camino, hoy esto es posible gracias a usted.

A mi hermana Lorena,

Gracias por ser como una segunda madre y ser un apoyo constante en mi vida, gracias por ser también un inmejorable ejemplo de amor incondicional.

A mi abuelo Cipriano,

Quien a lo largo de mi vida ha sido un padre y un amigo, gracias por ser mi cómplice y estar conmigo en cada paso que doy, esto que estoy logrando no sería posible sin su compañía.

A mi padre Rodrigo y a mi abuela Myriam,

Quienes desde el cielo sé que me cuidan y están conmigo en cada paso que doy.

Agradecimientos

A la empresa PI S.A.S – PROYECTOS DE INGENIERIA S.A.S, por la oportunidad brindada durante mi practica empresarial.

Al ingeniero Joan Sebastián Villamil gracias por ser más que un tutor, un amigo y una guía constante durante mi estadía en la empresa, gracias por cada consejo dado.

Al profesor Yerly Martínez, gracias por su orientación como director de las prácticas, esto ha sido fundamental para mí en todo este proceso.

A la profesora Tatiana Guarín, por ser una guía durante la realización de mis estudios, gracias por siempre estar pendiente de cualquier cosa y ser un apoyo dentro de la universidad.

A todos los que estuvieron y están en el camino,

Gracias por brindarme su apoyo siempre y permanecer a mi lado.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Marco Conceptual.....	13
1.1 Planificación y Organización de Actividades	13
1.2 Normativa en Estudios y Diseños de Infraestructura Vial.....	13
1.3 Técnicas y Procedimientos de Ensayos de Campo	13
1.4 Análisis y Evaluación de Resultados	14
1.5 Protocolos de Seguridad en Obra.....	14
1.6 Protocolos Ambientales	14
1.7 Interventoría.....	14
1.8 Instituto Nacional de vías (INVIAS)	15
1.9 American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).....	15
1.10 American Society for Testing and Materials (ASTM)	15
1.11 Especificaciones técnicas.....	15
2. Marco Legal	16
2.1 PI S.A.S - PROYECTOS DE INGENIERÍA S.A.S	16
2.2 Misión	16
2.3 Visión.....	16
2.4 Certificado Gestión de calidad: ISO 9001: 2015:.....	16
3. Objetivos.....	17
3.1 Objetivo General.....	17
3.2 Objetivos Específicos.....	17

4. Metodología	18
4.1 Fase 1: Determinación de los diferentes procesos que intervienen en la toma de datos de pruebas de campo y/o laboratorio	18
4.2 Fase 2: Ejecución de pruebas de campo y/o laboratorio y toma de datos.....	19
4.2.1 Formato para la toma de datos	19
4.2.2 Formato para la recepción de muestras.....	19
4.3 Fase 3: Elaboración de informes técnicos.....	20
4.3.1 Formato para la elaboración de informes.....	20
4.3.2 Formato para seguimiento de ensayos realizados	20
4.4 Fase 4: Elaboración de la guía metodológica de procedimientos para la coordinación y ejecución de pruebas de campo y/o laboratorio.....	21
4.5 Informes mensuales de avance.....	22
4.6 Informe final	22
5. Resultados.....	23
5.1 Ensayos de campo y laboratorio realizados durante la práctica empresarial.....	23
5.2 Acompañamiento técnico realizado a clientes de la empresa.	57
5.2.1 Acompañamiento técnico en la recolección de material próximo a ensayar.	57
5.2.2 Visita técnica a planta de producción de triturados y arenas.	58
5.3 Socialización de la guía metodológica de procedimientos.	59
5. Conclusiones.....	63
6. Recomendaciones	64
Referencias Bibliográficas	65

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Normativa INVIAS requerida en los ensayos de campo y laboratorio.</i>	23
Tabla 2 <i>Formato para la elaboración de informe del ensayo de contenido de humedad.</i>	25
Tabla 3 <i>Formato para la elaboración de informe del ensayo de limite líquido, plástico e índice de plasticidad.</i>	28
Tabla 4 <i>Formato para elaboración de informe de ensayo de equivalente de arena.</i>	30
Tabla 5 <i>Formato para elaboración de informe de ensayo modificado de compactación.</i>	33
Tabla 6 <i>Formato para elaboración de informe de ensayo CBR.</i>	36
Tabla 7 <i>Formato para elaboración de informe de ensayo de densidades de campo – método del cono y arena.</i>	39
Tabla 8 <i>Formato para elaboración de informe de ensayo de cantidad de impurezas orgánicas nocivas en arenas.</i>	41
Tabla 9 <i>Formato para elaboración de informe de ensayo de granulometría del agregado grueso y fino.</i>	44
Tabla 10 <i>Formato para elaboración de informe de ensayo de valor de azul de metileno en agregados finos.</i>	46
Tabla 11 <i>Formato para elaboración de informe de ensayo resistencia a la compresión de cilindros de concreto.</i>	48
Tabla 12 <i>Formato para elaboración de informe de ensayo núcleos de concreto endurecido.</i>	50
Tabla 13 <i>Formato para elaboración de informe de ensayo gravedad específica bulk.</i>	52
Tabla 14 <i>Formato para elaboración de informe de ensayo estabilidad y flujo.</i>	55
Tabla 15 <i>Acompañamientos técnicos realizados.</i>	57

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Ensayo de contenido de humedad en el laboratorio.</i>	25
Figura 2 <i>Ensayo de limite líquido, plástico e índice de plasticidad.</i>	27
Figura 3 <i>Ensayo de equivalente de arena en campo.</i>	30
Figura 4 <i>Ensayo modificado de compactación.</i>	32
Figura 5 <i>Ensayo CBR para suelo compactado.</i>	35
Figura 6 <i>Ensayo de densidades de campo – método del cono y arena.</i>	38
Figura 7 <i>Ensayo de presencia de impurezas orgánicas en arenas.</i>	41
Figura 8 <i>Ensayo de granulometría de agregado grueso y fino.</i>	43
Figura 9 <i>Ensayo de valor de azul de metileno en agregados finos.</i>	45
Figura 10 <i>Ensayo de valor de resistencia a la compresión de cilindros de concreto.</i>	48
Figura 11 <i>Ensayo de núcleos de concreto endurecido.</i>	50
Figura 12 <i>Ensayo de gravedad específica bulk.</i>	52
Figura 13 <i>Ensayo de estabilidad y flujo de mezclas asfálticas.</i>	54
Figura 14 <i>Ensayo de extracción de testigos de pavimentos asfálticos.</i>	56
Figura 15 <i>Acompañamiento técnico en la recolección de material próximo a ensayar.</i>	58
Figura 16 <i>Visita técnica a planta de producción de triturados y arenas.</i>	59
Figura 17 <i>Socialización de la guía metodológica con el personal del laboratorio.</i>	62

Glosario

Alcance del proyecto: Es el proceso que permite establecer límites y definir con precisión los objetivos, plazos y entregables del proyecto que se desea lograr. Al definir claramente el alcance, es posible asegurar el cumplimiento de las metas y objetivos del proyecto sin sufrir demoras ni sobrecarga de trabajo (Martins, 2024).

Cemento: Es un material que posee propiedades de cohesión y adhesión, lo que le permite unir agregados finos y gruesos con agua para formar una masa sólida con resistencia y durabilidad. (Nilson y Darwin, 1997).

Gestión técnica: Es el término utilizado para describir el conjunto de técnicas relacionadas con la administración, como la planeación, organización, dirección y control de las operaciones. La gestión es aplicada en la vida diaria cuando se lleva a cabo un proceso para obtener un producto (SEP, 2022).

Supervisión Técnica: Metodología para monitorear y controlar las actividades en una obra, asegurando su ejecución a tiempo acorde a las condiciones técnicas y económicas de la construcción, el supervisor debe tener el más amplio conocimiento en las normas nacionales e internacionales fundamentales en la toma de decisiones. (Abarca, 2009)

Resumen

Título: AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL PARA APOYO EN LA COORDINACIÓN Y EJECUCIÓN DE PRUEBAS DE CAMPO Y/O LABORATORIO PARA PROYECTOS DE LA EMPRESA PI S.A.S.

Autor: Sergio Alejandro Cárdenas Flórez

Palabras Clave: Pruebas de campo, Informes técnicos, Infraestructura vial, Calidad, Planificación, Gestión.

Descripción: El presente trabajo de grado fue realizado en la empresa PI S.A.S. – Proyectos de Ingeniería S.A.S., con el fin de ayudar al desarrollo de los proyectos de consultoría en estudios y diseños de vías, placa huellas y puentes. El trabajo realizado fue la coordinación y ejecución de pruebas de campo y/o laboratorio, verificando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normas existentes, las cuales están definidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y la normatividad internacional vigente. Para ello, se elaboró una guía metodológica didáctica que documenta paso a paso los procedimientos para la preparación de equipos, toma de muestras, ejecución de algunos ensayos, registro de datos y análisis de resultados. Esta guía incluye imágenes y cuadros que facilitan la comprensión de los procesos; la guía tiene como finalidad que el lector independientemente si se encuentra vinculada o no al ámbito de la ingeniería civil, pueda comprender de forma básica los ensayos de campo y/o laboratorios presentados.

Durante el desarrollo del proyecto, se implementaron ensayos para la evaluación de materiales en obras de infraestructura vial, tales como la determinación de la densidad seca y peso unitario del suelo, la determinación de impurezas en agregados y la resistencia a la degradación mediante la máquina de Los Ángeles, entre otros ensayos. El enfoque metodológico permitió fortalecer la planificación, gestión y control de calidad en la ejecución de estudios de suelos y materiales. Como resultado, se evidenció la importancia de la estandarización en los procedimientos de ensayo, asegurando la calidad de los resultados y optimizando los procesos de toma de decisiones en los diferentes proyectos a realizar.

Auxiliar de ingeniería PI S.A.S – PROYECTOS DE INGENIERÍA S.A.S

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil. Director: Yerly Fabian Martínez Estupiñán. Doctor en ingeniería de transporte y logística. Tutor: Joan Sebastián Villamil Ramírez. Especialista en patología de la construcción.

Abstract

Title: CIVIL ENGINEERING ASSISTANT FOR SUPPORT IN THE COORDINATION AND EXECUTION OF FIELD AND/OR LABORATORY TESTS FOR PI S.A.S. COMPANY PROJECTS.

Author(s): Sergio Alejandro Cárdenas Flórez

Key Words: Field tests, technical reports, road infrastructure, quality, planning, management.

Description: This thesis was conducted at PI S.A.S. – Engineering Projects S.A.S., to assist in the development of consulting projects for the study and design of roads, track plates, and bridges. The work involved coordinating and executing field and/or laboratory tests, verifying compliance with existing technical specifications and standards defined by the National Road Institute (INVIAS) and current international regulations. To this end, a teaching methodological guide was developed that documents step-by-step procedures for preparing equipment, taking samples, performing some tests, recording data, and analyzing results. This guide includes images and charts that facilitate understanding of the processes; the guide's purpose is to provide readers, regardless of their background in civil engineering, with a basic understanding of the field and/or laboratory tests presented.

During the project's development, tests were implemented to evaluate materials used in road infrastructure projects, including the determination of soil dry density and unit weight, the determination of impurities in aggregates, and the determination of resistance to degradation using the Los Angeles tester, among other tests. The methodological approach strengthened the planning, management, and quality control of soil and materials studies. As a result, the importance of standardizing testing procedures was demonstrated, ensuring the quality of the results and optimizing decision-making processes across the various projects.

Engineering Assistant PI S.A.S – ENGINEERING PROJECTS S.A.S

Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Civil Engineering.
Director: Yerly Fabian Martínez Estupiñán. Doctor in transportation and logistics engineering.
Tutor: Joan Sebastián Villamil Ramírez. Construction pathology specialist.

Introducción

En Colombia, la industria de la construcción vial enfrenta importantes obstáculos. La demanda por soluciones de transporte que sean seguras y efectivas se vuelve cada vez más urgente. En este marco, las carreteras, los corredores y los puentes juegan un papel crucial, transformándose en elementos prioritarios para mejorar la conectividad en diversas regiones, particularmente en áreas rurales o de acceso complicado.

En Bucaramanga y sus alrededores, PI S. A. S. – Proyectos de Ingeniería S. A. S. – se ha establecido como un referente en este ámbito gracias a su amplia experiencia en el análisis y diseño de obras viales. La compañía se distingue por su firme compromiso hacia una ingeniería de alta calidad y su dedicación a crear soluciones que impulsen el desarrollo y el bienestar social, no solo en Santander, sino también en otras partes del país.

El desarrollo de carreteras que cumplan con altos estándares técnicos y que, al mismo tiempo, satisfagan las necesidades específicas de sus usuarios es crucial. No se trata solo de mejorar el movimiento de bienes y personas; es también un componente fundamental para el avance económico y social. Sin embargo, diversas regiones siguen enfrentando aislamiento debido a la carencia de una infraestructura adecuada.

Por lo tanto, es esencial que proyectos como los de PI S. A. S. continúen evolucionando y expandiéndose, contribuyendo a establecer un sistema de transporte más sólido y accesible para toda la población. La administración y supervisión de pruebas de campo en los proyectos de construcción son factores esenciales, dado que aseguran el cumplimiento de las especificaciones técnicas, garantizando la calidad de las obras y evitando errores que podrían ocasionar demoras o costos adicionales. En este contexto, tener un auxiliar de apoyo en consultoría se convierte en un elemento crucial para mejorar la coordinación y la ejecución de estos procesos.

Por este motivo, PI S. A. S. sigue promoviendo la inclusión de estudiantes como auxiliares en ingeniería civil durante sus prácticas universitarias, otorgándoles la posibilidad de involucrarse en varios procesos dentro de la empresa.

Esta vivencia práctica no solo les da la chance de poner en práctica sus conocimientos técnicos en un ambiente profesional auténtico, sino que también ayuda al desarrollo de habilidades clave, como la colaboración y la comunicación eficaz. Desde el enfoque práctico y técnico, el entrenamiento en PI S. A. S. se fundamenta en la recolección, el examen y el seguimiento de datos técnicos, cumpliendo con las regulaciones de INVIAS y los criterios internacionales. Y eso no es todo... La vivencia se refuerza con la ejecución de pruebas de campo y/o laboratorio en los distintos proyectos en marcha, lo que permite a los estudiantes mejorar sus habilidades y entender los desafíos de cada proyecto realizado.

Se espera que los resultados de esta experiencia laboral no solo favorezcan de manera importante el desarrollo profesional de cada estudiante, sino que también les proporcionen una comprensión más profunda sobre cómo funcionan realmente los proyectos de infraestructura. Al final, no se trata solo de adquirir información, sino de preparar a profesionales que sean capaces de enfrentar los retos del mercado laboral con confianza y preparación.

1. Marco Conceptual

En el ámbito de la realización de proyectos enfocados en las vías, puentes, placa huellas, entre otros, es de vital importancia poder comprender una serie de conceptos claves para así proporcionar una base sólida en la toma de decisiones a la hora de ejecutar cualquier proyecto de ingeniería.

1.1 Planificación y Organización de Actividades

Esta área abarca el desarrollo de cronogramas, la asignación eficiente de recursos y la definición de indicadores de desempeño, todo con el objetivo de asegurar una ejecución adecuada de las pruebas de campo y su alineación con las especificaciones técnicas del proyecto (H&C, 2023).

1.2 Normativa en Estudios y Diseños de Infraestructura Vial

Es fundamental poseer un conocimiento sólido sobre los estándares nacionales (como los del Ministerio de Transporte e INVIAS) así como las normas internacionales (AASHTO, ASTM) que se aplican a las obras civiles en carreteras, placas huellas y puentes. Esto garantiza que todas las pruebas y diseños cumplan con los requisitos de calidad establecidos (Documentos Técnicos, s.f.).

1.3 Técnicas y Procedimientos de Ensayos de Campo

Las metodologías incluyen la recolección y análisis de muestras de suelo, ensayos de compactación y evaluación de la resistencia del terreno, entre otros ensayos. Es crucial que el auxiliar conozca los procedimientos y equipos utilizados en estas pruebas, como los dispositivos para medir densidad en campo y penetrómetros (Julio César Sánchez Henao, 2010).

1.4 Análisis y Evaluación de Resultados

La correcta interpretación de los datos obtenidos a partir de las pruebas es esencial para determinar la viabilidad y seguridad de los diseños. Estos resultados son fundamentales para realizar ajustes necesarios en el diseño y asegurar que se respeten las especificaciones técnicas requeridas (H&C, 2023).

1.5 Protocolos de Seguridad en Obra

Es vital conocer y aplicar las normativas relacionadas con la seguridad y salud laboral para prevenir riesgos asociados a la realización de pruebas en campo. Esto incluye el uso adecuado de Equipos de Protección Personal (EPP) y la identificación de riesgos presentes en el entorno laboral (AdminMaat, 2018).

1.6 Protocolos Ambientales

Los proyectos de infraestructura deben cumplir con regulaciones ambientales que minimicen el impacto negativo sobre el medio ambiente. Esto abarca desde la correcta disposición de residuos hasta la protección de recursos naturales durante el proceso constructivo de cualquier proyecto de ingeniería (AdminMaat, 2018).

1.7 Interventoría

La interventoría implica el monitoreo técnico del cumplimiento de un contrato, llevado a cabo por una persona o entidad que es contratada por una organización pública, privada o estatal. Este proceso se implementa cuando el seguimiento del contrato requiere conocimientos especializados o cuando su complejidad o extensión lo demandan. No obstante, la entidad puede decidir, si lo considera pertinente y en función de la naturaleza del contrato principal, contratar el seguimiento administrativo, técnico, financiero, contable y jurídico como parte integral de la interventoría (H&C, 2023).

1.8 Instituto Nacional de vías (INVIAS)

Este organismo es responsable de construir y mantener la red de infraestructura vial no concesionada en Colombia, especialmente en áreas rurales. INVIAS establece lineamientos técnicos y específicos para el diseño y construcción de vías, placas huellas y puentes, aplicando normativas como el Manual de Carreteras y otros estándares relevantes para la seguridad vial (Portal INVÍAS - Colombia, s.f.).

1.9 American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

AASHTO establece normas y directrices para el diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras de transporte, incluyendo carreteras y puentes. Estas normas son frecuentemente adoptadas en proyectos en Colombia para alinearse con estándares internacionales de calidad y seguridad (AASHTO Association, 2024).

1.10 American Society for Testing and Materials (ASTM)

Formado en 1898, ASTM es un líder mundial en el desarrollo y la entrega de estándares de consenso voluntario. Definidos y establecidos por nosotros, garantizan la calidad, la seguridad y el cumplimiento para mejorar la vida de millones de personas todos los días. (ASTM International, 2024).

1.11 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas son los documentos en los cuales se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obras, elaboración de estudios, fabricación de equipos. Estas especificaciones proporcionan instrucciones precisas sobre materiales, métodos de construcción, tolerancias y acabados requeridos, garantizando la calidad y precisión en la ejecución de proyectos al establecer estándares claros y detallados. (ARGOS, 2022).

2. Marco Legal

A continuación, se describe el marco legal y la certificación de calidad que posee la empresa donde se realizaron las prácticas, PI S.A.S- PROYECTOS DE INGENIERÍA S.A.S.

2.1 PI S.A.S - PROYECTOS DE INGENIERÍA S.A.S

PI S.A.S es una empresa especializada en consultoría e interventoría de proyectos de ingeniería. Con más de 22 años de experiencia, enfocada en la planificación, investigación y diseño de infraestructuras viales, incluyendo carreteras, placas huellas y puentes. Su compromiso con la calidad se evidencia en su laboratorio de control de calidad y en la entrega oportuna de sus servicios. Con sede en Piedecuesta, Santander, PI S.A.S ha adquirido una gran experiencia en la región, estableciéndose como un referente en proyectos de infraestructura tanto en áreas urbanas como rurales.

2.2 Misión

PI S.A.S PROYECTOS DE INGENIERIA S.A.S desarrolla actividades para la ejecución de proyectos de consultoría, principalmente interventoría en obras de infraestructura, estudios y diseños para obras civiles.

2.3 Visión

En el 2025 ser una empresa económicamente sólida con la seguridad de la continuidad de sus actividades basados en lograr la ejecución de proyectos con entidades públicas y privadas.

2.4 Certificado Gestión de calidad: ISO 9001: 2015:

Proporciona una base sólida para un sistema de gestión, en cuanto al cumplimiento satisfactorio de los requisitos del sector y la excelencia en el desempeño, características compatibles con otros requisitos y normas como el Sistema de gestión ambiental, seguridad, salud ocupacional y seguridad alimentaria, entre otros. (Icontec, 2024).

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Apoyar la coordinación y ejecución de pruebas de campo y/o laboratorio para proyectos de la empresa PI S.A.S, asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los proyectos.

3.2 Objetivos Específicos

Determinar los diferentes procesos en la toma de datos necesarios para la ejecución de pruebas de campo y/o laboratorio, asegurando que los procedimientos y equipos empleados cumplan con los estándares técnicos y de calidad establecidos en las normativas nacionales e internacionales aplicables al sector de infraestructura vial.

Apoyar en la elaboración de informes técnicos donde se registran los resultados de las pruebas y las recomendaciones técnicas.

Elaborar una guía metodológica de los procedimientos necesarios en la coordinación y ejecución de pruebas de campo y/o laboratorio según las especificaciones técnicas en proyectos de consultoría en estudios y diseños de vías, placas huellas y puentes.

4. Metodología

Durante el desarrollo de las prácticas en PI S.A.S se proyectó aplicar diversas habilidades a través de la participación en la gestión de proyectos de consultoría, para los cuales se planificaron labores de todo el proceso de toma de muestras de campo y laboratorio para posterior hacer un análisis detallado basado en especificaciones técnicas y así poder tomar las decisiones adecuadas, apoyado en la creación de informes técnicos que sustenten cada ensayo realizado por la empresa.

La metodología que se aplicó para desarrollar de forma correcta dichas habilidades fue la siguiente:

4.1 Fase 1: Determinación de los diferentes procesos que intervienen en la toma de datos de pruebas de campo y/o laboratorio

Al momento de iniciar cualquier ensayo de campo o laboratorio en PI S.A.S. Es necesario determinar cada una de las actividades y pasos que se van a realizar para la elaboración de cualquier ensayo, es necesario conocer claramente las normativas nacionales e internacionales aplicables, como las especificadas por INVIAS, NTC, AASHTO, ASTM entre otras normas que sean aplicables.

Al tener claras todas las especificaciones e indicaciones técnicas que requiere un proyecto, se puede tener un criterio claro y preciso para la selección de los equipos de medición que son necesarios para la toma de datos en campo y/o laboratorio y de esta manera poder verificar que cumplan con las especificaciones técnicas requeridas.

Por último, se desarrolla un plan de trabajo preliminar ya sea para campo o laboratorio, esto se hace para tener en cuenta parámetros como los son tiempos, recursos, condiciones del sitio donde se realizará el ensayo. De esta manera se coordina de manera correcta como será la ejecución de cada ensayo a realizar.

4.2 Fase 2: Ejecución de pruebas de campo y/o laboratorio y toma de datos

Cada ensayo es realizado bajo condiciones controladas, esto se hace siguiendo cada procedimiento establecido por las normativas nacionales e internacionales, de esta manera se le hace un seguimiento óptimo garantizando así que los resultados obtenidos sean confiables y válidos.

Continuamente se realizan validaciones y comparaciones con especificaciones técnicas, de esta manera se asegura que los procedimientos se están realizando de forma correcta y de no ser así, se realizan los ajustes necesarios para así garantizar la calidad de los resultados obtenidos de cada ensayo realizado.

4.2.1 Formato para la toma de datos

Cada ensayo realizado por PI S.A.S.- PROYECTOS DE INGENIERÍA S.A.S. tiene un formato independiente que es utilizado cada vez que se realiza cualquier prueba, estos incluyen condiciones del sitio (observaciones), características de los materiales a ensayar, información precisa para indicar el cliente y también indicaciones de los datos que se tienen que extraer de cada ensayo para posterior hacer los cálculos pertinentes; de esta manera se permite hacer un análisis más eficiente y una presentación detallada de los resultados obtenidos.

4.2.2 Formato para la recepción de muestras

Dentro de PI S.A.S.- PROYECTOS DE INGENIERÍA S.A.S. existe una carpeta en la cual se tiene la información de cada muestra que llega para ser ensayada. Es un formato en el cual se tiene información detallada a cerca de las muestras; contiene la fecha de recepción de la muestra, fecha en la que fue extraída o creada según el ensayo a realizar, el número de muestra el cual es asignado por la empresa según el orden de llegada, el cliente y también si la muestra fue

transportada por la empresa o por el cliente directamente, de esta forma se lleva un registro claro y detallado de todas las muestras que llegan a PI S.A.S. para ser ensayadas.

4.3 Fase 3: Elaboración de informes técnicos

Después de realizadas las pruebas de campo y/o laboratorio se hace una recopilación con todos los resultados obtenidos, estos son procesados y analizados de forma técnica para luego proceder a la elaboración de los informes técnicos que requiere cada ensayo realizado. El análisis se hace utilizando herramientas de software (Excel), de esta manera se procesa y organiza de forma clara y precisa los datos de cada ensayo, esto permite interpretar los resultados obtenidos y de esta forma proceder a validar y detallar el contenido de cada informe elaborado, para al final ser entregado al cliente resultados claros y precisos de cada ensayo realizado.

4.3.1 Formato para la elaboración de informes

Cada ensayo realizado en PI S.A.S tiene un formato independiente para la creación de su respectivo informe, este detalla información del cliente, observaciones hechas durante la ejecución del ensayo, el numero de la muestra, fecha de la recepción o extracción de la muestra, fecha de la ejecución del ensayo, fecha de la creación del informe y cada formato contiene información detallada dependiendo del ensayo (cálculos, graficas, tablas, etc.), lo que permite procesar los datos de forma correcta y hacer un análisis detallado para así, entregar resultados verídicos y confiables a cada cliente de la empresa.

4.3.2 Formato para seguimiento de ensayos realizados

Existen unos formatos que permiten darle seguimiento a cada informe técnico que se realiza dentro de PI S.A.S., estos asignan un número de informe y un número de orden de trabajo a cada ensayo, con el fin de tener una organización dentro de la empresa y que cualquier informe realizado se pueda encontrar de forma sencilla y rápida.

4.4 Fase 4: Elaboración de la guía metodológica de procedimientos para la coordinación y ejecución de pruebas de campo y/o laboratorio.

Como primer paso, se analizaron los procedimientos actuales de PI S.A.S. relacionados con pruebas de campo y/o laboratorio, se identificaron los principales requerimientos que se establecen para realizar estos ensayos contemplados en el INVÍAS y en base a toda la información recolectada se procedió a hacer un análisis detallado.

Se tendrán en cuenta los ensayos que son realizados de forma más frecuente por parte de la empresa para la realización de esta guía, algunos de estos ensayos son, INV E 122:2013 - determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo -agregado, INV E 123:2013 - determinación de los tamaños de las partículas de los suelos, INV E 125/126:2013 - determinación de límite líquido, plástico e índice de plasticidad de los suelos, INV E 161:2013 - densidad y peso unitario del suelo en el terreno por el método del cono y arena, entre otros.

La guía se desarrolló con un enfoque netamente didáctico. Se buscó que cualquier persona pertenezca o no al ámbito de la ingeniería pueda entender los ensayos presentados. Cada guía contiene la descripción del ensayo en campo y/ laboratorio, imágenes de equipos usados, un resumen de cómo deben prepararse los equipos y las muestras, los pasos generales para ejecución del ensayo, listado de datos a recopilar y cómo analizarlos. Adicionalmente, hay una comparativa con normas aplicables y un ejemplo guía para entender resultado obtenidos.

Se realizaron diversas reuniones junto con el personal del laboratorio para recibir retroalimentaciones a medida que se avanzaba con la realización de esta guía metodológica. Se destacan algunas como, usar imágenes reales del laboratorio y no de internet para estar más familiarizado con los equipos dentro de la empresa, también realizar cada ensayo completo y no

separado por secciones como se tenía en una idea inicial y así evitar confusiones a la hora de leer la guía, tratar de que la guía no tuviera un lenguaje confuso y así evitar el no conocimiento de algunos conceptos, con base a estos, se tuvieron en cuenta todas estas recomendaciones y de esta forma se realiza una versión mejorada de la misma.

Por último, se deja a disposición de la empresa esta guía para que pueda ser probada con cualquier persona y de esta manera, medir de forma real el alcance que esta pueda tener.

4.5 Informes mensuales de avance

Por medio del formato ya establecido por la escuela y las recomendaciones sugeridas por mi tutor, se diseñaron y se elaboraron informes mensuales donde se detalló cada una de las actividades y tareas que se realizaron dentro de la práctica, priorizando que cada actividad realizada estuviera relacionada con cada uno de los objetivos específicos planteados en el plan de trabajo de grado.

4.6 Informe final

Se diseñó el informe final de la práctica empresarial detallando cada una de las actividades realizadas en PI S.A.S.- PROYECTOS DE INGENIERÍA S.A.S. por parte de mi autoría, las pruebas de campo y/o laboratorio realizadas y los respectivos informes hechos para cada ensayo, se destaca la elaboración de una guía metodológica didáctica de los principales ensayos realizados por la empresa, la cual busca que cualquier persona pueda entender de forma básica como se realiza cada procedimiento y como se analizan los resultados.

5. Resultados

5.1 Ensayos de campo y laboratorio realizados durante la práctica empresarial.

A continuación, la tabla 1 presenta los ensayos de campo y laboratorio que fueron objeto de acompañamiento durante la práctica empresarial, estos son ensayos que se realizan con mayor frecuencia en la empresa, se presenta la respectiva norma INVIAS que normaliza su ejecución y de esta manera se le da cumplimiento al objetivo número uno (1) y número dos (2) del proyecto.

Tabla 1

Normativa INVIAS requerida en los ensayos de campo y laboratorio.

Normas de referencia	
Norma	Título
INV E 122:2013	DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO -AGREGADO.
INV E 125/126:2013	DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO, PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS.
INV E 133:2013	EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGAGOS FINOS.
INV E 142:2013	RELACIONES HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN).
INV E 148:2013	CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA.
INV E 161:2013	DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO POR EL MÉTODO DEL CONO Y ARENA.
INV E 212:2013	PRESENCIA DE IMPUREZAS ORGÁNICAS EN ARENAS USADAS EN LA PREPARACIÓN DE MORTEROS O CONCRETOS.
INV E 213:2013	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO
INV E 235:2013	VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS.
INV E 410:2013	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO.
INV E 418:2013	OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS DE CONCRETO ENDURECIDO
INV E 733:2013	GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO EXPECÍMENES SATURADOS Y SUPERFICIALMENTE SECOS.
INV E 748:2013	ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL.
INV E 758:2013	EXTRACCIÓN DE TESTIGOS DE PAVIMENTOS ASFALTICOS.

INV E 122:2013 - DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO - AGREGADO.

El ensayo se refiere a la determinación en el laboratorio de agua (humedad), por masa, de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado. Se lleva la muestra del material húmedo a un horno a temperatura de 110 ± 5 °C y se seca hasta alcanzar masa constante, se considera que la masa perdida a causa del secado es agua y que la masa remanente corresponde a la muestra seca, por último, el contenido de agua se calcula relacionando la masa de agua en la muestra húmeda con la masa de la muestra seca.

El contenido de agua es una de las propiedades índices más significativas de muchos materiales y se emplea para establecer correlaciones con el comportamiento de los suelos, también se usa en la mayoría de las ecuaciones que relacionan las fases aire, agua y sólidos en un volumen dado de material.

Durante este ensayo en el laboratorio, se extrajo una muestra de ensayo representativa según la especificación de la norma, a esta muestra se le determinó su masa y posterior a esto fue llevada al horno por aproximadamente 12 horas; después de este tiempo la muestra fue sacada del horno y se le determinó su masa nuevamente, finalmente con estos datos se procede a calcular el contenido de humedad del material en porcentaje (%).

La figura 1 muestra el proceso de selección de la muestra para el ensayo, la determinación de su masa y su proceso de secado en el horno para posterior determinar el contenido de humedad del material. El método se escoge en función del número de cifras significativas con el que se necesita sea reportado el resultado.

Figura 1

Ensayo de contenido de humedad en el laboratorio.



Por último, se procede a elaborar el informe respectivo de este ensayo, en el cual, con los datos recolectados durante la realización del ensayo, se determina el contenido de agua (humedad) del material en el laboratorio. La tabla 2 presenta los datos necesarios para poder determinar el contenido de humedad de un material.

Tabla 2

Formato para la elaboración de informe del ensayo de contenido de humedad.

MUESTRA No	
USO DEL RESULTADO	INV E 122:2013
MÉTODO (A / B)	A
Cifras significativas (1% o 0.1%)	1
Número de recipiente	53
Wc (g)(recipiente)	71.0
W1 (g) (Rec+espec húmedo)	1104.9
W2(g)(Rec+espec seco)	1073.8
Contenido de Humedad (%)	3.10%
Tº secado (º C)	110
Laboratorista	-
Horno	HDT-354-PI
Balanza	BAL-5144-PI
Exclusión de masa (Tamaño y cantidad)	NO
Observaciones	ARENA FINA

FIN DEL INFORME

INV E 125/126:2013 - DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO, PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS.

Estas normas hacen referencia a la determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos. La determinación del límite líquido interviene en varios sistemas de clasificación de suelos, dado que contribuye en la caracterización de la fracción fina de los suelos. El límite líquido, solo o en conjunto con el límite plástico y el índice de plasticidad, se usa con otras propiedades del suelo para establecer correlaciones sobre su comportamiento ingenieril, tales como la compresibilidad, la permeabilidad, la compactibilidad, los procesos de expansión y contracción y la resistencia al corte.

Los límites líquido y plástico de un suelo, junto con su contenido de agua, se usan para calcular su consistencia relativa o índice de liquidez. Además, el índice de plasticidad, junto con el porcentaje de partículas menores de 2 μm , brinda una idea aceptable de la actividad de la fracción fina de un suelo.

Este ensayo se realizó para un suelo que fue extraído por medio de sondeos en el municipio de Simacota, Santander, para el límite líquido se procesó la muestra de suelo para remover cualquier porción retenida en el tamiz de 425 μm (No. 40). Este se determinó mediante tanteos, en los cuales una porción de la muestra se esparció sobre una cazuela de bronce, la cual se divide en dos partes con un ranurador, permitiendo que esas dos partes fluyan como resultado de los golpes recibidos por la caída repetida de la cazuela sobre una base ya normalizada.

El límite plástico se determinó presionando de manera repetida una pequeña porción de suelo húmedo, de manera de formar rollos de 3.2 mm (1/8") de diámetro, hasta que su contenido de agua se redujo a un punto en el cual se produjo el agrietamiento y/o desmoronamiento de los rollos. El límite plástico es la humedad más baja con la cual se pueden formar estos rollos de suelo

de este diámetro, sin que ellos se agrieten o desmoronen, por último, el índice de plasticidad se calcula restando el límite plástico del límite líquido. La figura 2 detalla el proceso que se siguió para la realización de este ensayo.

Figura 2

Ensayo de limite líquido, plástico e índice de plasticidad.



Finalmente, se procede a realizar el informe respectivo de este ensayo, en el cual, con los datos recolectados durante la ejecución del ensayo, se determina el límite líquido, plástico y el índice de plasticidad del suelo ensayado. La tabla 3 detalla los datos necesarios para poder determinar el límite líquido, plástico y el índice de plasticidad de cualquier suelo que sea ensayado.

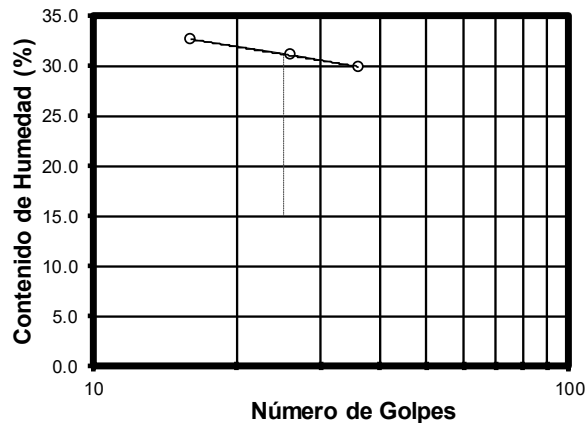
Tabla 3

Formato para la elaboración de informe del ensayo de limite líquido, plástico e índice de plasticidad.

LÍMITES DE CONSISTENCIA			
Balanza N°	BAL-0743-PI	Horno N°	HDT-354-PI
Laboratorista	Nasser Hernandez		
Método empleado	A: X	B:	
LIMITE LÍQUIDO INV E-125-13			
Determinación No	1	2	3
No GOLPES	36	26	16
RECIP. No.	236	249	257
PESO DE RECIP. + S.H.	29.06	28.5	29.23
PESO DE RECIP. + S.S.	24.34	23.75	24.13
PESO RECIPIENTE	8.52	8.49	8.48
PESO AGUA	4.72	4.75	5.10
PESO SUELO SECO	15.82	15.26	15.65
% HUMEDAD	29.84	31.13	32.59

LIMITE PLÁSTICO INV E-126-13			
Balanza N°	BAL-0743-PI	Horno N°	HDT-354-PI
Laboratorista	Nasser Hernandez		W [%] INVE-122-13
RECIP. No.	270	290	328
PESO DE RECIP. + S.H.	18.10	18.20	1092.00
PESO DE RECIP. + S.S.	16.39	16.50	963.70
PESO RECIPIENTE	8.47	8.58	64.10
PESO AGUA	1.71	1.70	128.30
PESO SUELO SECO	7.92	7.92	899.60
% HUMEDAD	21.59	21.46	14.26

Límites de Atterberg



RESULTADOS

Límite Líquido	31.1	%
Límite Plástico	21.5	%
Índice Plástico	9.6	%

INV E 133:2013 - EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGAGOS FINOS.

Este ensayo tiene por objeto determinar, bajo condiciones normalizadas, las proporciones relativas de polvo y material de apariencia arcillosa o finos plásticos presentes en suelos o agregados finos de tamaño inferior a 4.75 mm, como recomendación el ensayo se debe realizar en un sitio libre de vibraciones. Las vibraciones excesivas pueden causar la sedimentación del material fino, dando como resultado un valor de equivalente de arena mayor que el real.

El término "equivalente de arena" expresa el concepto de que la mayoría de los suelos granulares y los agregados finos son mezclas de arena y partículas gruesas deseables, y de polvo y finos arcillosos o plásticos indeseables. Este método de ensayo permite determinar rápidamente en el campo, variaciones de calidad de los agregados durante su producción o colocación.

La realización de este ensayo en campo fue para un material que será usado como base granular, se extrajo un volumen de suelo y una pequeña cantidad de solución floculante (cloruro de calcio) fueron colocadas en un cilindro de plástico graduado y se agitaron, para que las partículas de arena pierdan la cobertura de material arcilloso o similar. La muestra fue posteriormente "irrigada", usando cierta cantidad de solución floculante (cloruro de calcio), para forzar al material arcilloso o similar a quedar en suspensión sobre la arena.

Después de un período de sedimentación, se determinaron las alturas del material arcilloso y fino floculado y de la arena en el cilindro, el equivalente de arena se calcula como la relación entre la altura de arena y la altura de arcilla, expresada en porcentaje. La figura 3 presenta el proceso de extracción del material para base granular que será ensayado y el proceso de ensayo para la determinación del equivalente de arena.

Figura 3

Ensayo de equivalente de arena en campo.



Para finalizar, se procede a elaborar el informe respectivo de este ensayo, en el cual, con los datos recolectados durante la realización del ensayo, se determina el equivalente de arena del material ensayado en campo. La tabla 4 indica los datos necesarios para poder determinar el equivalente de arena de un material.

Tabla 4

Formato para elaboración de informe de ensayo de equivalente de arena.

PRUEBA No.	1	2	3	PROMEDIO
PROBETA No.	1	2	1	-
A (cmts.)	7.0	7.2	7.4	7.2
B (cmts.)	23	23.1	24.5	23.5
C = A/B x100 (%)	30.4%	31.2%	30.2%	30.6%
Dispersión admitida entre los cuatro ensayos : (+/-) 4% del promedio.				
A : Lectura de Arena				
B : Lectura de Arcilla				
C : Equivalente de Arena (%)				
ESPECIFICACIONES :	Sub base	25% min	CUMPLE (SI / NO) ✔ SI	
	Base	30%min.		
	Sello de arena - asfalto	50 % min		
	Lechada asfáltica	50 % min		
	Mezcla densa en frio	50 % min		
	Mezcla densa en caliente	50 % min		
	Arena de rio para concretos	60 % min		
	Reciclado de pavimento en caliente	50 % min		
OBSERVACIONES : La muestra NO cumple con las especificaciones técnicas del ART 330:2022 del INVIAS para Sub Base Granular.				
FIN DEL INFORME				

INV E 142:2013 - RELACIONES HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN).

Los siguientes métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101.6 o 152.4 mm (4 o 6") de diámetro, con un martillo de 44.48 N (10 lbf) que cae libremente desde una altura de 457 mm (18"), produciendo una energía de compactación aproximada de 2700 KN-m/m³ (56000 lbf-pie/pie³).

Estos métodos aplican solamente a suelos con 30% o menos de su masa con tamaño mayor a 19.0 mm y que no hayan sido compactados previamente; es decir, no se acepta la reutilización de un suelo compactado.

Para este ensayo, se compactaron a diferentes energías de compactación cada probeta, cada una con 5 capas y distribuyendo los golpes de la siguiente manera: con 56 golpes para cada capa, y con 25 golpes para cada capa, esto para diferentes probetas; durante el proceso de compactación se evidenció que la altura, a la que el operador llevara el martillo fuera indicada en la norma, de 457 mm (18"), para garantizar la correcta energía de compactación, posterior a esto se determina el peso unitario seco resultante.

El procedimiento se repitió con un número suficiente de humedades de moldeo, para de esta manera poder establecer una curva que relacione a éstas con los respectivos pesos unitarios secos obtenidos. Esta curva se llama curva de compactación y su vértice determina la humedad óptima y el peso unitario seco máximo, esto para poder realizar el ensayo normal de compactación. La figura 4 detalla el proceso de compactación de las probetas siguiendo los lineamientos establecidos por la norma para así obtener la humedad óptima y el peso unitario seco máximo del suelo ensayado.

Figura 4

Ensayo modificado de compactación.

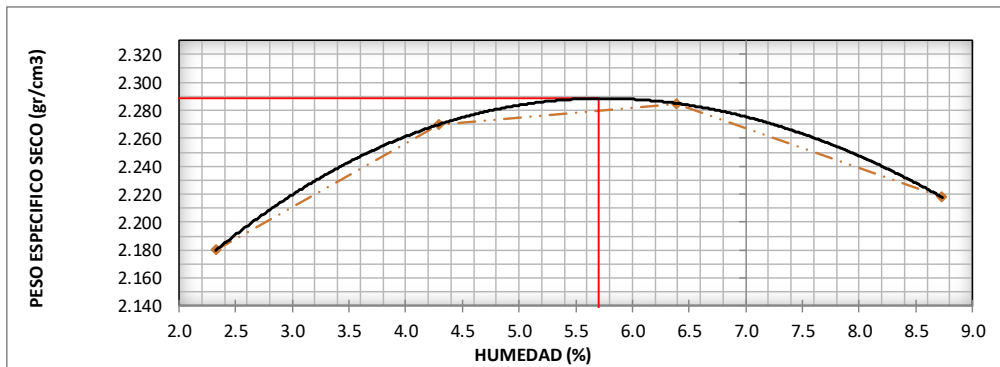


Por último, se procede a realizar el informe que corresponde a este método de ensayo, en el cual, con la información recolectada durante su ejecución, se determina la humedad óptima y el peso unitario seco máximo del suelo ensayado. La tabla 5 presenta los datos necesarios para poder determinar la humedad óptima y el peso unitario seco máximo del suelo que fue objeto de ensayo.

Tabla 5

Formato para elaboración de informe de ensayo modificado de compactación.

GRADACIÓN				
Diámetro ϕ [mm]	Porcentaje Retenido [%]	MÉTODO	Preparación de la muestra	Seca
3/4" [19 mm]	36.3%	C: X	Peso Muestra [gr]	25000
3/8" [9,51 mm]	61.6%	B: ___	Peso Fracción Gruesa [gr]	9075
N°4 [4,76 mm]	71.2%	A: ___	Porcentaje Fracción Gruesa [%]	36.3%
Gravedad específica del suelo (aprox. 0,01) (INV E-128-13, INV E-222-13 o INV E-223-13)		2.623	Porcentaje Fracción Fina [%]	63.7%
			Contenido Humedad Natural [%]	1.93%
TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO		Contenido Humedad Fracción Gruesa [%]	0.03%
NÚMERO DE CAPAS	5		Balanza N°	BAL-0623-PI
NÚMERO DE GOLPES POR CARA	56		Balanza N°	BAL-5144-PI
MOLDE No	2		Horno N°	HDT-354-PI
DIÁMETRO MOLDE (cm)	15.20		Laboratorista	-
ALTURA MOLDE (cm)	11.60			
VOLUMEN MOLDE (cm ³)	2104.9			
MARTILLO DE COMPACTACIÓN N°	2			
PESO TARA (gr)	56.8	42.3	39.9	38
PESO DE TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	285.6	219.6	218.0	263.4
PESO DE TARA + SUELO SECO (gr)	280.4	212.3	207.3	245.3
PESO AGUA	5.2	7.3	10.7	18.1
PESO SOLIDO	223.6	170.0	167.4	207.3
HUMEDAD % (INV E-122-13)	2.3	4.3	6.4	8.7
PESO MOLDE (gr)	3195.0	3195.0	3195.0	3195.0
PESO DE MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7890.0	8178.0	8312.0	8271.0
PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	4695.0	4983.0	5117.0	5076.0
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4588.3	4777.8	4809.6	4668.4
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	2.23	2.37	2.43	2.41
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.18	2.27	2.28	2.22



DENSIDAD MÁXIMA	2.289	gr/cm ³
DENSIDAD MÁXIMA	22.5	KN/m ³
HUMEDAD OPTIMA	5.7	%
Correccion Peso Unitario INV E-143-2013		
HUMEDAD CORREGÍA CW %	3.64%	%
P. UNITARIO CORREGIDO YF	2.400	gr/cm ³
P. UNITARIO CORREGIDO YF	23.543	KN/m ³

Observaciones: MATERIAL SUB BASE

Martillo de Operación Manual INV E-142-13 No 5.2.1

FIN DEL INFORME

INV E 148:2013 - CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA.

En esta norma se describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos de subrasante, subbase y base denominado CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales que contengan tamaños máximos de partículas menores de 19 mm ($\frac{3}{4}$ ”), el método se emplea para determinar el CBR de una muestra compactada en un molde especificado. Es de responsabilidad de quien exige la ejecución de ensayos de acuerdo con esta norma, especificar la finalidad del ensayo para satisfacer sus protocolos o los requerimientos específicos del diseño.

La realización de este ensayo se llevó a cabo para un material granular (El material empleado para este ensayo es el material que para el tamiz $\frac{3}{4}$ ”, separando la fracción gruesa para este material). Previamente, con la humedad óptima establecida en el ensayo de Proctor modificado INV E 142-2013, se compactan a diferentes energías de compactación, cada una de las 3 probetas, cada una con 5 capas y distribuyendo los golpes de la siguiente manera: la primera con 56 golpes para cada capa, la segunda con 25 y la última con 10; durante el proceso de compactación se evidenció que la altura, a la que el operador llevara el martillo fuera indicada en la norma, de 457 mm (18”), para garantizar la correcta energía de compactación.

Posterior a esto, las 3 probetas fueron llevadas a inmersión e instalados los vástagos y pesas para la inmersión hasta que cumplan el tiempo ser sacados y ser llevados a falla en la prensa Marshall, para de esta manera determinar la humedad de penetración y su resistencia.

Las probetas de material granular (pasa tamiz $\frac{3}{4}$ ”) previamente compactados y sumergidos por 4 días o antes si la medición de expansión es aproximadamente 0 o constante en comparación

con el día anterior. Se fallan en la prensa Marshall y su resistencia se expresa como la relación porcentual de acuerdo con el esfuerzo (KN) que se necesita para que el pistón penetre 2.54mm o 5.08mm (0.1” o 0.2”) aproximadamente y el esfuerzo que requirió para penetrar estas profundidades, se toman esos datos y se registran en los formatos. La figura 5 detalla el procedimiento que se siguió al compactar la muestra para luego ser llevada a inmersión y su proceso para ser fallada en la prensa Marshall.

Figura 5

Ensayo CBR para suelo compactado.



Finalmente, se procede a efectuar el informe respectivo de este ensayo, en el cual, con los datos recolectados durante la realización del ensayo, se determina el CBR del material. La tabla 6 detalla los datos necesarios para poder determinar el valor del CBR.

Tabla 6

Formato para elaboración de informe de ensayo CBR.

Equipos									
Balanza N°	BAL-5144-PI								
Balanza N°	BAL-1489-PI								
Horno N°	HDT-354-PI								
Prensa Marshall N°:	PM-8679-PI								
MOLDE N°	25	26	27						
DIAMETRO (cm)	15.20	15.20	15.10						
ALTURA (cm)	12.80	12.80	12.80						
VOLUMEN (cm3)	2322.67	2322.67	2292.21						
N° DE GOLPES	56	25	10						
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN INV E 122-13									
PESO TARA (gr)	57.4	65.5	68.1						
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO (gr)	358.7	395.0	378.3						
PESO DE TARA + SUELO SECO (gr)	340.2	375.2	359.3						
HUMEDAD EN %	6.5	6.4	6.5						
HUMEDAD DE PENETRACIÓN INV E 122-13									
PESO TARA (gr)	65.2	61.9	67.8						
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO (gr)	309.6	352.5	396.2						
PESO DE TARA + SUELO SECO (gr)	288.4	324.9	363.6						
HUMEDAD EN %	9.5	10.5	11.0						
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: GRAVAS ARCILLOSAS									
MOLDE No	25	26	27						
No DE GOLPES	56	25	10						
DIAS DE INMERSION	4	4	4						
No DE PESAS	2	2	2						
PENETRACIÓN (mm)	LEC (Kgf)	CARGA (KN)	PRESIÓN (MPa)	LEC (Kgf)	CARGA (KN)	PRESIÓN (MPa)	LEC (Kgf)	CARGA (KN)	PRESIÓN (MPa)
0.0	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
0.6	55	0.6	0.29	50	0.5	0.26	40	0.4	0.21
1.3	135	1.4	0.70	130	1.3	0.67	100	1.0	0.52
1.9	255	2.6	1.33	195	2.0	1.01	155	1.6	0.80
2.5	355	3.6	1.84	250	2.5	1.29	215	2.2	1.11
3.8	555	5.6	2.88	495	5.0	2.56	340	3.4	1.76
5.1	730	7.3	3.79	655	6.6	3.38	420	4.2	2.17
6.4	885	8.9	4.60	765	7.7	3.95	480	4.8	2.48
7.6	1055	10.6	5.48	970	9.7	5.01	540	5.4	2.79
10.2	1365	13.7	7.09	1195	12.0	6.17	660	6.6	3.41
12.7	1690	16.9	8.78	1435	14.4	7.41	780	7.8	4.03
CBR A 0.1"	27			19			16		
CBR A 0.2"	37			33			21		
CBR CORR. 0.1"	27			19			16		
CBR CORR. 0.2"	37			33			21		
EXPANSIÓN (mm)	0.25			0.46			0.53		
EXPANSIÓN (%)	0.2			0.4			0.4		
CBR DE DISEÑO									
No de Golpes	Densidad (Kg/m ³)	CBR [%]	% Densidad max.	Densidad (Kg/m ³)	CBR [%]				
10	2121	16	95%	2139	17				
25	2162	19	98%	2207	22				
56	2262	27	100%	2252	26				

INV E 161:2013 - DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO POR EL MÉTODO DEL CONO Y ARENA.

Este método de ensayo se usa para determinar en el sitio, con el equipo de cono y arena, la densidad y el peso unitario de suelos compactados, este método aplica para suelos que no contienen cantidades apreciables de fragmentos de roca o material grueso de tamaño superior a 38 mm (1½”), y es usado para hallar la densidad de los suelos compactados utilizados en la construcción de terraplenes, subrasantes, capas inferiores de pavimento y rellenos estructurales.

Para este ensayo, las densidades fueron tomadas en San Antonio de carrizal, Girón Santander, la selección de los puntos del muestreo fue escogida por el interventor de la obra, posteriormente, en cada punto se limpia la superficie y se coloca la base metálica, ajustándola a nivel y asegurándola con la suela de los zapatos del operador o con puntillas en los extremos, según experiencia y destreza del mismo, para proceder a hacer el hueco.

Durante la excavación del hueco, se debe tener control del volumen o profundidad, de tal manera, que abarque únicamente la capa a la base granular a ensayar. Durante la ejecución del ensayo de deber registrar los siguientes pesos: Peso inicial del frasco +Arena, Peso de Arena empleado en para llenar el hueco y peso de material extraído húmedo.

Preliminar, en el laboratorio se determinó el peso de la constante del cono que corresponde a la arena que se necesita para llenar el cono en vertical y las densidades de la arena. Con los valores registrados se calcula “in situ” la densidad húmeda de la capa compactada. Para establecer la densidad seca y poder compararla con el peso unitario máximo obtenido del ensayo del Proctor INV E 142-2013, se emplea un probador de carburo o “humedómetro” para determinar el contenido de agua del material extraído y establecer con este porcentaje (%) la densidad seca del

material y el porcentaje de compactación del terreno. La figura 6 muestra el procedimiento que se siguió en el ensayo para la toma de las densidades.

Figura 6

Ensayo de densidades de campo – método del cono y arena.



Para finalizar, se procede a elaborar el informe respectivo de este ensayo, en el cual, con los datos recolectados durante la realización del ensayo, se determina la densidad, el peso unitario y el porcentaje de compactación del suelo. La tabla 7 indica los datos necesarios para de esta manera obtener los valores de densidad, peso unitario y porcentaje de compactación del suelo ensayado.

INV E 212:2013 - PRESENCIA DE IMPUREZAS ORGÁNICAS EN ARENAS USADAS EN LA PREPARACIÓN DE MORTEROS O CONCRETOS.

La importancia de este método de ensayo radica en el hecho de proporcionar una advertencia sobre la presencia de impurezas orgánicas nocivas en el agregado fino. Uno de los procedimientos emplea una solución de color de referencia y el otro usa vidrios de color de referencia.

Este ensayo fue realizado para una arena empleada en una planta de producción de concreto. El ensayo busca determinar la cantidad de impurezas orgánicas nocivas en los agregados finos que se emplearán para la producción de concreto hidráulico mediante el uso de una solución de hidróxido de calcio en una proporción de 3% (97% H₂O y 3% el hidróxido de sodio).

En un frasco que cumpla las especificaciones técnicas de la norma, se colocan aproximadamente 130 gr +/- 1gr de la arena y se completa con la solución hasta obtener un volumen de 200 ml, el frasco se cierra y se agita en un intervalo de tiempo alrededor de un minuto hasta lograr una mezcla homogénea entre la solución y el agregado fino, después, se procede a dejar por 24 horas en reposo lejos del alcance de la luz solar, para luego determinar el contenido de materia orgánica por el método de colorimetría.

En el laboratorio, se emplea como reactivo hidróxido de sodio y por tanto se emplea vidrios de color de referencia, que consiste en 5 vidrios de color estándar montados en un soporte plástico.

El vidrio identificado como Gardner de referencia No 11 es el usado para comparación. Se considera que la muestra tiene componentes orgánicos perjudiciales, cuando el color del líquido que sobrenada por encima de la muestra de ensayo es más oscuro que la placa orgánica No 3 (color Gardner de referencia No.11). La figura 7 muestra el procedimiento que se siguió en el ensayo para de esta manera poder determinar la presencia de impurezas orgánicas en arenas.

Figura 7

Ensayo de presencia de impurezas orgánicas en arenas.



Por último, se procede a realizar el informe de este ensayo, en el cual, con los datos recolectados durante la realización del ensayo, se determina la cantidad de impurezas orgánicas nocivas en la arena ensayada. La tabla 8 muestra los datos necesarios para poder determinar la cantidad de impurezas orgánicas nocivas en las arenas que se ensayen en el laboratorio.

Tabla 8

Formato para elaboración de informe de ensayo de cantidad de impurezas orgánicas nocivas en arenas.

Reactivos: Solución de hidróxido de sodio (3%)		
Método de la solución de color de referencia		
Método de los vidrios de colores de referencia		
COLOR	COLOR GARDNER DE REFERENCIA No	PLACA ORGÁNICA No
TRANSPARENTE		0
AMARILLO CLARO	5	1
AMARILLO OSCURO	8	2
AMBAR	11	3 (referencia)
AMBAR OSCURO	14	4
NEGRO	16	5
Se considera que la muestra tiene componentes orgánicos perjudiciales, cuando el color del líquido que sobrenada por encima de la muestra de ensayo es más oscuro que la placa orgánica No 3 (color Gardner de referencia No.11)		
OBSERVACIONES : La muestra cumple con las especificaciones técnicas del ART 630-2022 del INVIAS.		
FIN DEL INFORME		

INV E 213:2013 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO.

Este método de ensayo tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados grueso y fino de un material, por medio de tamizado.

Este ensayo se usa, principalmente, para determinar la granulometría de los materiales propuestos como agregados o que se están usando como tales. Los resultados se emplean para determinar el cumplimiento de las especificaciones en relación con la distribución de partículas y para suministrar los datos necesarios para el control de la producción de los agregados y de las mezclas que los contengan. Los datos pueden servir, también, para el estudio de relaciones referentes a la porosidad y al empaquetamiento entre partículas.

La determinación exacta del material que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200) no se puede lograr mediante este ensayo. El método de ensayo que se debe emplear para ello, es el indicado en la norma INV E-214.

El ensayo se realizó para un material que será utilizado como sub base granular proveniente de una cantera de agregados; la muestra de agregado fue seleccionada y posterior se le determinó su masa, luego se realizó el proceso de lavado para eliminar la materia orgánica del material y se llevó a la estufa para el proceso de secado para luego determinar nuevamente su masa.

Por último, la muestra de agregado se separó a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente más pequeñas, con el fin de determinar la distribución de los tamaños de sus partículas. La figura 8 presenta el procedimiento que se siguió en el ensayo para de esta manera poder determinar la granulometría del material que tendrá como fin, ser usado como sub base granular en determinados proyectos.

Figura 8

Ensayo de granulometría de agregado grueso y fino.

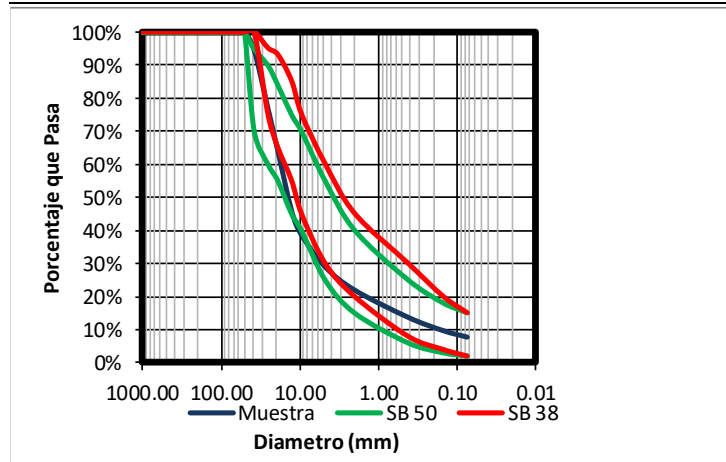


Por último, se procede a crear el informe de este ensayo, en el cual, con los datos recolectados durante su realización, se determina el porcentaje de agregado que se retiene en cada tamiz y de esta forma saber su granulometría y así poder clasificar el material. La tabla 9 presenta los datos necesarios para poder determinar la granulometría del material que tiene como fin, ser utilizado como sub base granular.

Tabla 9

Formato para elaboración de informe de ensayo de granulometría del agregado grueso y fino.

GRADACIÓN INV E-213-13					
Balanza N°	BAL-5144-PI	Horno N°	HDT-354-PI		
Laboratorista:					
Peso inicial:	7,345.70	gr	Peso final:	6,791.10	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
3"	76.10				100.0%
2 ½"	64.00				
2"	50.80				
1 ½"	38.10	423.9	5.8%	5.8%	94.2%
1"	25.40	1,296.0	17.6%	23.4%	76.6%
¾"	19.00	947.0	12.9%	36.3%	63.7%
½"	12.70	1,325.0	18.0%	54.3%	45.7%
3/8"	9.51	530.0	7.2%	61.6%	38.4%
4	4.76	708.7	9.6%	71.2%	28.8%
8	2.38				
10	2.00	517.3	7.0%	78.2%	21.8%
12	1.68				
16	1.19				
30	0.59				
40	0.42	601.6	8.2%	86.4%	13.6%
50	0.30				
80	0.18				
100	0.15	296.8	4.0%	90.5%	9.5%
200	0.07	144.8	2.0%	92.5%	7.5%
Pasa 200	0.0	554.6	7.5%	100.0%	0.0%
Total		7,345.7			
<i>Tamaño máximo nominal:</i>		1 ½"			



CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL INV-E-102-13

Muestra compuesta por gravas mal gradadas ligeramente limosas, con alto contenido de arenas la muestra se ajusta a SBG 50 del ART 320:2022 del INVIAS.

OBSERVACIONES

SUB BASE GRANULAR CANTERA LA VEGA

INV E 235:2013 - VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS.

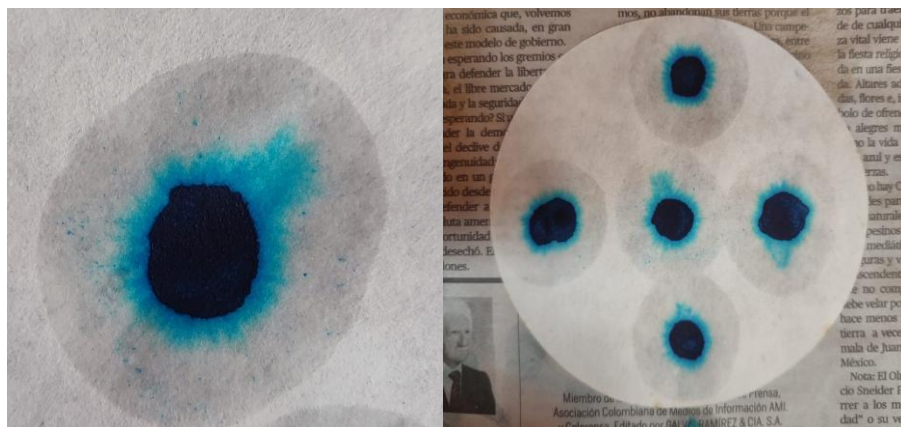
Este método de ensayo indica el procedimiento para determinar el valor de azul de metileno de la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4) de la mezcla total de agregados.

El valor de azul de metileno determinado mediante esta norma se puede emplear para estimar la cantidad de arcilla nociva presente en un agregado. Un valor de azul significativo indica una gran cantidad de arcilla presente en la muestra.

El ensayo consistió en añadir de manera sucesiva pequeñas dosis de una solución de azul de metileno a una suspensión de la muestra de ensayo en agua. Después de cada dosis se realizó la comprobación de la absorción de solución colorante por parte la muestra, esto se hizo realizando una prueba de coloración sobre papel de filtro para de esta manera detectar la presencia de colorante libre, una vez confirmada la presencia de colorante libre, se procedió a calcular el valor de azul de metileno, este es expresado en gramos de colorante absorbido por kilogramo de la fracción granulométrica ensayada. La figura 9 enseña el procedimiento que se siguió para la realización de este ensayo, de tal manera que al final se determinó el valor de azul de metileno que contiene la muestra ensayada.

Figura 9

Ensayo de valor de azul de metileno en agregados finos.



Por último, se procede a efectuar el informe de este ensayo, en el cual, con los datos recolectados durante su ejecución, se determina el valor de azul de metileno que contiene la muestra ensayada. La tabla 10 indica los datos necesarios para poder determinar el valor de azul de metileno.

Tabla 10

Formato para elaboración de informe de ensayo de valor de azul de metileno en agregados finos.

INDICE DE AZUL DE METILENO	Pasa Tamiz No 4	Pasa Tamiz No 200
C = concentración solución azul metileno mg*ml solución	10	
v = ml solución azul metileno requerido en titulación [ml]	335.0	
w = gramos de material seco utilizado en prueba [gr]	200.3	
VA = $c * v / w$ valor azul de metileno	16.72	
<p>INV E 235-2013 Nota 5: El factor 10 de la expresiones anteriores, representa la concentración de colorante y es el factor de conversión entre el volumen de la solución colorante empleada y la masa del colorante absorbido por kilogramo de la fracción granulométrica ensayada.</p>		
VALOR AZUL DE METILENO (%) [gr de Colorante/Kg fracción granulométrica pasante del tamiz de 4,75 mm (No. 4)]	16.72	

OBSERVACIONES: Muestras de suelo del PR 46+950.

*Los resultados sólo están relacionados con los ítems ensayados. *No se debe reproducir el informe de ensayo, sin la aprobación escrita del laboratorio. Sólo es válido en original

FIN DEL INFORME

INV E 410:2013 - RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO.

Este método de ensayo se refiere a la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tanto cilindros moldeados como núcleos extraídos, y está limitado a concretos con una densidad superior a 800 kg/m³ (50 lb/pie³).

Los resultados de este ensayo se usan como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto; para verificar el cumplimiento de especificaciones; para evaluar la efectividad de los aditivos, y para otros usos similares.

Se debe tener cuidado al interpretar el significado de las determinaciones de la resistencia a la compresión mediante este método de ensayo, por cuanto la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca de un concreto elaborado con determinados materiales. Los valores obtenidos dependen del tamaño y de la forma del espécimen, de la amasada de la cual se toma la muestra, de los procedimientos de mezclado, de los métodos de muestreo, del moldeo del espécimen, de la edad a la cual se realiza el ensayo, de la temperatura y de las condiciones de humedad durante el curado.

El ensayo consistió en aplicar carga axial de compresión a unos cilindros moldeados previamente, se toman datos de diámetro (dos medidas en sentido perpendicular, para luego determinar el promedio). Se mide la altura y la masa del cilindro, para posterior llevar a la máquina y someterlos una fuerza constante a compresión, se registra la carga máxima que resiste a la compresión en Kilo newtons (KN) y su patrón de fractura y con estos datos se calcula su resistencia en PSI, MPa y Kg/cm². La figura 10 enseña el procedimiento que se siguió para la realización de este ensayo, de tal manera que al final se determinó la carga máxima que resiste cada cilindro de concreto ensayado en PSI, MPa y Kg/cm².

Figura 10

Ensayo de valor de resistencia a la compresión de cilindros de concreto.



Por último, se procede a elaborar el informe de este ensayo, en el cual, con los datos recolectados durante su ejecución, se determina la resistencia a la compresión de cada cilindro ensayado. La tabla 11 presenta los datos necesarios para poder determinar la resistencia a la compresión en PSI, MPa y Kg/cm².

Tabla 11

Formato para elaboración de informe de ensayo resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

CILINDRO No.	FECHAROTURA	EDAD DE LA MUESTRA (DIAS)	CARGA MÁXIMA KN	DIAMETRO mm	ALTURA mm	ÁREA SECCIÓN mm ²	RESISTENCIA			MASA kg	DENSIDAD kg/m ³	PATRÓN DE FRACTURA	OBSERVACIONES
							RESIST. REAL Mpa	Kg/cm ²	p.s.i.				
22	6/02/2025	7	326.16	150.50	299.00	17789	18.3	186.9	2658	12	2166	2	CASA#2
23	13/02/2025	14	393.50	153.50	304.00	18506	21.3	216.8	3083	13	2346	3	CASA#2
24	27/02/2025	28	505.73	156.50	304.00	19236	26.3	268.0	3812	14	2342	2	CASA#2

INV E 418:2013 - OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS DE CONCRETO ENDURECIDO.

Esta norma se refiere al procedimiento de obtención, preparación y ensayo de núcleos extraídos de estructuras de concreto para determinaciones de longitud o resistencia a la compresión o a la tracción por hendimiento (tracción indirecta).

Generalmente, los especímenes se toman cuando existen dudas sobre la calidad del concreto en la estructura, debido a la existencia de bajos valores de resistencia durante la construcción o a la presencia de deterioros en ella. Otro uso posible es el relacionado con la obtención de información sobre la resistencia de estructuras antiguas. La resistencia obtenida al ensayar núcleos se ve afectada por la cantidad y distribución de la humedad en el espécimen en el instante del ensayo, no hay un procedimiento normalizado para acondicionar un espécimen de manera de asegurar que, en el instante del ensayo, presente una condición de humedad idéntica a la del concreto en la estructura.

La ejecución de este ensayo se realizó en el municipio de Socorro, Santander, este se hizo para una columna y una placa de concreto de una estructura a la cual previamente habían solicitado la extracción de estos núcleos de concreto, este ensayo requiere de un taladro saca núcleos con broca diamantada, una sierra para cortar los extremos de los núcleos y una balanza con exactitud mínima de 5 g (0.01lb).

Cabe destacar que la resistencia a compresión medida sobre un núcleo es, por lo general, menor que la de un cilindro equivalente, moldeado apropiadamente, curado por el procedimiento normalizado y ensayado a la misma edad. La figura 11 detalla todo el proceso que se siguió para poder realizar extracción y el ensayo de los núcleos de concreto.

Figura 11

Ensayo de núcleos de concreto endurecido.



Por último, se procede a crear el informe de este ensayo, en el cual, con los datos recolectados durante la extracción y obtención de los núcleos, se determina la resistencia a la compresión de cada núcleo. La tabla 12 muestra los datos necesarios para poder determinar la resistencia a la compresión de cada núcleo en PSI, MPa y Kg/cm².

Tabla 12

Formato para elaboración de informe de ensayo núcleos de concreto endurecido.

NÚCLEO	MUESTRA	FECHA DE TOMA	FECHA ROTURA	CARGA KN	DIAMETRO [m]	ALTURA [m]	PESO [gr]	RESISTENCIA RESIST. NOMINAL			RELACION L/D	FACTOR DE CORRECCION L/D (ASTM)	RESISTENCIA CORREGIDA MPa	OBSERVACIONES
								MPa	Kg/cm ²	p.s.i.				
1 MURO 6	PI LAB MN 166-2025	13/03/2025	20/03/2025	191.09	0.088	0.160	2069.3	31.18	317.9	4515.62	1.81	0.99	30.87	PESO UNITARIO γ=2110 kg/m ³
2 MURO 6	PI LAB MN 166-2025	13/03/2025	20/03/2025	197.8	0.088	0.181	2395.2	32.52	331.5	4709.63	2.06	1.01	32.85	PESO UNITARIO γ=2180 kg/m ³
3 MURO 6	PI LAB MN 166-2025	13/03/2025	20/03/2025	210.5	0.089	0.181	2321.6	33.84	344.9	4900.02	2.03	1.01	34.17	PESO UNITARIO γ=2060 kg/m ³

INV E 733:2013 - GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO EXPECÍMENES SATURADOS Y SUPERFICIALMENTE SECOS.

Este método se refiere a la determinación de la gravedad específica bulk y la densidad de especímenes de mezclas asfálticas compactadas, el ensayo no se deberá utilizar en especímenes de mezclas abiertas o con vacíos intercomunicados y/o que absorban más del 2% de agua respecto al volumen.

Como la gravedad específica es dimensional, es necesario convertirla en densidad para los cálculos que requieran unidades. Esta conversión se efectúa multiplicando la gravedad específica a una temperatura dada, por la densidad del agua a la misma temperatura.

El ensayo se realizó a unos núcleos de pavimento, como primer paso, se validó que los equipos empleados estuvieran acordes al numeral 5 “EQUIPOS” de esta norma de ensayo y que los procedimientos y mediciones efectuadas estuvieran en conformidad con lo descrito. Una vez establecidos los siguientes datos: Masa del espécimen seco en el aire, Masa en el aire del espécimen saturado y superficialmente seca (SSS) y masa del espécimen sumergido en agua, el ensayo proporciona una guía para la determinación de la masa del espécimen seco.

La gravedad específica se calcula a partir de estas masas y la densidad se obtiene multiplicando la gravedad específica bulk del espécimen por la densidad del agua. La figura 12 detalla el desarrollo del ensayo con el que finalmente se determinó la gravedad específica bulk de los núcleos de pavimento que fueron objeto de estudio.

Figura 12

Ensayo de gravedad específica bulk.



Por último, se procede a elaborar el informe de este ensayo, en el cual, con los datos recolectados durante su ejecución, se determina la gravedad específica bulk, el porcentaje de compactación de campo, el porcentaje de agua absorbida y el porcentaje de vacíos totales. La tabla 13 indica los datos necesarios para poder determinar la gravedad específica bulk y los demás resultados de este ensayo.

Tabla 13

Formato para elaboración de informe de ensayo gravedad específica bulk.

G. específica máxima promedio de la jornada [-]	2.467	BALANZA:			BAL-5144-PI
PESO ESP.ASFALTO (g/cm3)	1.106	PIE DE REY:			PDR-0025-PI
ESPECIMEN	1	2	3	4	5
DESCRIPCIÓN	NÚCLEO	NÚCLEO	NÚCLEO	NÚCLEO	NÚCLEO
ABSCISA	PR 52+300	PR 52+285	PR 52+170	PR 52+140	PR 52+100
LOCALIZACION	DER-EJE	DER-IZQ	DER-DER	DER-EJE	DER-IZQ
ESPESOR PROMEDIO (INV E 744-13) (cms)	10.4	10.7	11.3	10.7	9.2
[A] PESO EN EL AIRE (gr)	1837.2	1998.4	2172	2013.3	1712.2
[B] PESO SSS (gr)	1848.6	2002.5	2173.4	2014.1	1714
[C] PESO EN EL AGUA (gr)	1078.63	1158.9	1251.4	1145.8	984.9
VOLUMEN DE ESPECIMEN (cm³)	769.97	843.60	922.00	868.30	729.10
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK [-]	2.386	2.369	2.356	2.319	2.348
DENSIDAD [gr/cm³]	2.379	2.362	2.349	2.312	2.341
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA [%]	1.5	0.5	0.2	0.1	0.2
VACIOS TOTALES [%]	3.3	4.0	4.5	6.0	4.8
% COMPACTACIÓN CAMPO	96.7	96.0	95.5	94.0	95.2

INV E 748:2013 - ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL.

Esta norma describe el procedimiento para determinar la resistencia a la deformación plástica de especímenes de mezclas asfálticas para pavimentación. Los especímenes, de forma cilíndrica y de 102 mm (4") de diámetro, son sometidos a carga en dirección perpendicular a su eje cilíndrico empleando el aparato Marshall. El procedimiento se puede emplear tanto para el proyecto de mezclas en el laboratorio como para el control en obra de las mismas. El método descrito en esta norma es aplicable solamente a mezclas elaboradas con cemento asfáltico y agregados pétreos con tamaño máximo menor o igual a 25.4 mm (1").

Las probetas elaboradas de acuerdo con el procedimiento descrito en esta norma se utilizan tanto para determinar la estabilidad y el flujo, como para realizar análisis de densidad y de vacíos, los cuales se aplican tanto en el diseño de las mezclas asfálticas como en la evaluación de la compactación en campo.

El procedimiento consistió en la fabricación de probetas cilíndricas de mezcla asfáltica, de 102 mm (4") de diámetro y una altura nominal de 63.5 mm (2½") las cuales fueron realizadas in situ en la vía que conecta Girón-Zapatoca, en el departamento de Santander, después de ser trasladadas a las instalaciones del laboratorio se someten a curado en un baño de agua (también puede ser en un horno).

Posteriormente, fueron sometidas a carga en la prensa Marshall bajo condiciones normalizadas, determinando así su estabilidad y su deformación (flujo). La figura 13 muestra el proceso de fabricación de las probetas de mezcla asfáltica y el ensayo de estabilidad y flujo en la prensa Marshall.

Figura 13

Ensayo de estabilidad y flujo de mezclas asfálticas.



Finalmente, se procede a realizar el informe de este ensayo, en el cual, después del proceso de fabricación de las probetas de mezcla asfáltica, se determina la estabilidad y flujo en la prensa Marshall. La figura 26 indica los datos que se requieren para poder determinar la estabilidad y flujo de las probetas de mezcla asfáltica ensayadas.

Tabla 14

Formato para elaboración de informe de ensayo estabilidad y flujo.

DENSIDAD-ESTABILIDAD-FLUJO INV E 748:2013			
Peso específico del agua a 25°C [gr/cm³]:	1.000	Golpes por cara:	75
Temperatura compactación [°C]:	135°	Temperatura ensayo estabilidad-flujo [°C]:	60°
BRIQUETA N°	4	5	6
ABSCISA	Pr 82+049	Pr 82+049	Pr 82+049
LOCALIZACION	-	-	-
ESPEJOR PROMEDIO DE ESPECÍMEN (mms) - (INV E 744:2013 - MÉTODO A)	66.0	70.0	66.0
FACTOR DE CORRECCIÓN	0.94	0.86	0.94
PESO BRIQUETA AIRE (gr)	1216.6	1301.0	1217.3
PESO BRIQUETA SSS (gr)	1220.5	1305.2	1221.3
PESO EN AGUA (gr)	687.3	739.4	690.5
VOLUMEN DE BRIQUETA (cm³)	533.20	565.80	530.80
DENSIDAD (gr/cm³) - (INV E 733:2013)	2.282	2.299	2.293
ESTABILIDAD [Kg]	1555.00	2105.00	1545.00
ESTABILIDAD CORREGIDA [Kg]	1461.70	1810.30	1452.30
ESTABILIDAD CORREGIDA [N]	14334.5	17753.1	14242.3
PROMEDIO ESTABILIDAD CORREGIDA [N]			15443.3
FLUJO [mm]	3.60	4.20	4.00
PROMEDIO FLUJO [mm]			3.93
RELACION ESTABILIDAD/FLUJO [kN/mm]	3.98	4.23	3.56
OBSERVACIONES:	Mezcla asfáltica MDC-19. Extendida el 25-02-2025		

Los valores de estabilidad y flujo de especímenes obtenidos a partir de mezclas elaboradas en la planta pueden variar significativamente en relación con los valores que se obtienen a partir del diseño de laboratorio, esto debido a las diferencias entre los mezclados en planta y en laboratorio, en especial en lo referente a la eficiencia del mezclado y al envejecimiento que presenta el asfalto. La estabilidad y el flujo Marshall se pueden determinar, también, sobre núcleos extraídos de capas de pavimento, con propósitos de información o de evaluación.

INV E 758:2013 - EXTRACCIÓN DE TESTIGOS DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.

Esta norma describe un procedimiento para extraer muestras de capas asfálticas (de base, intermedia y rodadura), destinadas a medir espesores y a la realización de ensayos de laboratorio.

Las muestras obtenidas mediante el procedimiento descrito en esta norma se pueden emplear en la determinación del espesor, la densidad, el módulo dinámico o resiliente, la resistencia a la tensión y la estabilidad, así como para determinar el contenido de asfalto, las propiedades de éste y la granulometría del agregado.

La extracción de estos núcleos de pavimento asfáltico fue realizada en el municipio de Zapatoca, Santander. Para realizar este ensayo hay que tener en cuenta que las muestras que se tomen con un equipo saca-núcleos deberán tener un diámetro nominal mínimo de 100 mm (4") y abarcar todo el espesor de la capa que se muestrea. La figura 14 detalla el proceso que se siguió durante la extracción de estos núcleos de pavimento asfáltico.

Figura 14

Ensayo de extracción de testigos de pavimentos asfálticos.



5.2 Acompañamiento técnico realizado a clientes de la empresa.

A continuación, la tabla 15 presenta los acompañamientos técnicos que se realizaron durante la práctica empresarial, en los cuales durante cada visita se sirvió como apoyo a la supervisión.

Tabla 15

Acompañamientos técnicos realizados.

Acompañamientos técnicos realizados durante la práctica empresarial a clientes de la empresa.	
--	--

Actividades	1. Acompañamiento técnico en la recolección de un material que será próximo a ensayar en el laboratorio de PI S.A.S
	2. Visita técnica a una planta de producción de triturados y arenas para verificar el proceso de extracción y triturado del material y calidad del mismo.

5.2.1 Acompañamiento técnico en la recolección de material próximo a ensayar.

Se realiza acompañamiento técnico para la recolección de un material que será próximo a ensayar en el laboratorio de PI S.A.S, durante la visita al cliente de la empresa, se hace una inspección y reconocimiento a un cuarto húmedo con el que cuenta el cliente, este cuarto es un espacio que permite almacenar muestras de concreto en condiciones controladas de temperatura y humedad.

Se realiza un análisis del funcionamiento y recomendaciones que se siguen para estos cuartos húmedos, por último la persona encargada de esa área hace una breve charla sobre las ventajas que tiene contar con estos cuartos para el almacenamiento de muestras de concreto. La figura 15 muestra parte del cuarto húmedo con el que cuenta el cliente, y también ilustra parte de las instalaciones donde se realizó la visita técnica.

Figura 15

Acompañamiento técnico en la recolección de material próximo a ensayar.



5.2.2 Visita técnica a planta de producción de triturados y arenas.

Se realiza visita técnica a una planta de producción de triturados y arenas que explota, transforma, distribuye y vende material de arrastre en estado natural y/o procesado, para el sector de la construcción principalmente.

En esta visita se busca obtener información de cómo es el proceso del triturado de los materiales y que factores influyen a la hora de obtener un material de buena calidad, también se busca verificar el proceso de extracción y triturado del material.

Se hace un reconocimiento por toda la planta y se realiza una inspección de cómo es el proceso de transformación del material y el funcionamiento de todas las maquinas utilizadas en el proceso de trituración del material. La figura 16 presenta las instalaciones de la planta de producción de triturados y parte de la maquinaria utilizada en el proceso de transformación del material que será usado principalmente en el sector de la construcción.

Figura 16

Visita técnica a planta de producción de triturados y arenas.



5.3 Socialización de la guía metodológica de procedimientos.

El primer paso que se dio para la elaboración de la guía fue hacer un análisis del posible contenido que iba a llevar la guía, preparación de equipos, toma de muestras y ejecución de los ensayos, registro de datos, como de forma básica se iban a analizar los resultados y que tipo de imágenes puede llevar la guía, entre otras cosas.

Junto con el personal del laboratorio se hizo esta retroalimentación y se procedió a realizar el primer bosquejo de la guía. Posterior a esto, se procedió a realizar un bosquejo preliminar de la

guía metodológica, se definió el formato que iba a tener y la información que se brindaría de cada ensayo, el paso a paso que se seguiría para que las personas puedan entender los ensayos que estarían allí mencionados y la manera en la que se iban a organizar las ilustraciones, también se hizo un análisis de los ensayos que se incluirían en esta guía metodológica.

Se determina que la guía cuente con 25 ensayos de campo y/o laboratorio, los cuales son: INV E 122:2013 - determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo -agregado, INV E 123:2013 - determinación de los tamaños de las partículas de los suelos, INV E 125/126:2013 - determinación de límite líquido, plástico e índice de plasticidad de los suelos, INV E 142:2013 - relaciones humedad – peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación), INV E 148:2013 - CBR de suelos compactados en el laboratorio y sobre muestra inalterada, INV E 161:2013 - densidad y peso unitario del suelo en el terreno por el método del cono y arena, INV E 211:2013 - determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados, INV E 212:2013 - presencia de impurezas orgánicas en arenas usadas en la preparación de morteros o concretos, INV E 213:2013 - análisis granulométrico de los agregados grueso y fino, INV E 214:2013 - determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 μ m (no. 200) en los agregados pétreos mediante lavado, INV E 217:2013 - densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto y compacto, INV E 218:2013 - INV E 219:2013 resistencia a la degradación de los agregados de tamaños mayores de 19 mm (3/4”) y menores de 37.5 mm (1 1/2”) por medio de la máquina de los ángeles, INV E 220:2013 - solidez de los agregados frente a la acción de soluciones de sulfato de sodio o de magnesio, INV E 221:2013 - cantidad de partículas livianas en agregados pétreos, INV E 223:2013 - densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso, INV E 227:2013 - porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso, INV E 230:2013 -

índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras, INV E 235:2013 - valor de azul de metileno en agregados finos, INV E 238:2013 - determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por absorción utilizando el aparato micro-deval, INV E 410:2013 - resistencia a la compresión de cilindros de concreto, INV E 418:2013 - obtención y ensayo de núcleos de concreto endurecido, INV E 732:2013 - extracción cuantitativa del asfalto en mezclas para pavimentos, INV E 733:2013 - gravedad específica bulk y densidad de mezclas asfálticas compactadas no absorbentes empleando especímenes saturados y superficialmente secos, INV E 748:2013 – estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el equipo Marshall, INV E 782:2013 - análisis granulométrico de los agregados extraídos de mezclas asfálticas, estos son los ensayos que se realizan con más frecuencia dentro de la empresa, en base a estos ensayos y a la información que se tiene, se procede a realizar el primer bosquejo de esta guía metodológica.

Posteriormente, se realiza una primera versión de la guía metodológica de procesos, siguiendo los lineamientos y sugerencias hechas por el tutor de la practica el Ing. Sebastián Villamil y el personal del laboratorio de la empresa.

Seguidamente, se realiza la primera socialización de la guía dentro de la empresa, donde cada integrante del laboratorio dio sus opiniones al respecto de esta primera versión en conjunto con el ingeniero Sebastián Villamil quien al final de la socialización hizo la respectiva retroalimentación.

Se tuvieron en cuenta comentarios como, usar imágenes reales del laboratorio y no de internet como se tenía en la primera versión, esto para estar más familiarizado con los equipos que hay dentro del laboratorio, también realizar cada ensayo completo y no separado por secciones como se tenía en una idea inicial y así evitar confusiones a la hora de leer la guía, tratar de que la

guía no tuviera un lenguaje confuso y así evitar el no conocimiento de algunos conceptos presentados, siguiendo estos lineamientos se realizan las respectivas correcciones y se desarrolla la versión final de la guía metodológica. La figura 17 muestra el proceso de socialización de la guía metodológica con el personal del laboratorio de la empresa.

Figura 17

Socialización de la guía metodológica con el personal del laboratorio.



5. Conclusiones

La experiencia adquirida por medio de la práctica empresarial permitió el desarrollo integral de competencias técnicas y profesionales, especialmente en la interpretación de ensayos realizados, manejo de equipos, toma de muestras, elaboración de informes y seguimiento de resultados. Se destaca el valor del aprendizaje práctico para complementar la formación académica, brindando una visión más clara sobre los desafíos y responsabilidades propias del ejercicio de la ingeniería civil en contextos reales.

La creación de formatos de toma de datos y la posterior socialización con el personal técnico del laboratorio permitió elaborar informes eficientes y optimizar los ya existentes a fin de que el registro fuera más fácil de manejar por el operador, verificando que los datos consignados cumplieran con los requisitos exigidos para cálculos y elaboración de informes como lo indica la respectiva norma.

Las normas de ensayo del INVIAS establecen directrices claras para la presentación de resultados técnicos. Por ello, los informes generados fueron ajustados de manera que las operaciones realizadas y los resultados obtenidos puedan ser verificados por el cliente, siempre que las condiciones técnicas lo permitan, esto garantiza transparencia, trazabilidad y confianza en los procesos realizados por la empresa.

La elaboración de la guía metodológica representó un logro significativo dentro de la práctica empresarial, al constituirse como una herramienta didáctica, accesible y útil tanto para el personal técnico como para personas sin conocimientos previos en ingeniería civil. Esta guía permitió mostrar algunos de los procedimientos más frecuentes en campo y laboratorio que se realizan en la empresa, facilitando su comprensión mediante explicaciones básicas, imágenes y ejemplos.

6. Recomendaciones

Durante la elaboración de apiques para la extracción de muestras de CBR con el fin de determinar la capacidad portante del suelo, es importante considerar el tipo de estructura de pavimento que se va a colocar, ya que dependiendo de si es pavimento en concreto flexible, rígido o placa huella, la localización del apique se debe considerar siendo así que si es una carpeta de pavimento sobre toda la vía, se deben tomar el muestreo de izquierda, derecho y centro recorriendo todo el tramo y si son placa huellas, es importante ubicarlos sobre las zonas en las que se localizará la huella a izquierda y derecha, siendo más útil que tomar una muestra en el centro.

Se recomienda implementar un programa continuo de capacitación interna para el personal operativo y técnico en el uso correcto de equipos, actualización normativa (INVIAS, ASTM, AASHTO) y la importancia de los insumos a la hora de ejecutar cualquier proyecto. Estas capacitaciones no solo fortalecerían las competencias del equipo, sino que también minimizarían errores en la ejecución de ensayos y optimizarían el tiempo de realización de cualquier ensayo en campo y/o laboratorio.

Referencias Bibliográficas

Abarca, A. C. (2009). La supervisión en los proyectos de construcción.

AdminMaat. (2018, mayo 23). Buenas Prácticas Ambientales en Obras. Maat.

<https://www.maat.com.cobuenas-practicas-ambientales-en-obras/>

ARGOS, 360. (2022, julio 19). ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y NORMATIVAS DE LOS

AGREGADOS. 360 EN CONCRETO.

<https://360enconcreto.com/blog/detalle/especificaciones-tecnicas-normativas-los-agregados/>

ASTM International—Standards Worldwide. (2024). <https://www.astm.org/>

Documentos Técnicos. (s. f.). Recuperado 22 de noviembre de 2024, de

<https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos>

H & C, I. de obras civiles. (2023). Interventoría de obras civiles. H & C.

<https://www.hycproyectos.com/interventoria-de-obras-civiles/>

Icontec, I. (2024a). *Certificación ISO 9001, Sistema de Gestión de Calidad—Icontec.*

https://www.icontec.org/eval_conformidad/certificacion-iso-9001-sistema-de-gestion-de-calidad/

Icontec, I. (2024b). *Certificación ISO 14001, Sistema de Gestión ambiental. Icontec.*

https://www.icontec.org/eval_conformidad/certificacion-iso-14001-sistema-de-gestion-ambiental/

Martins, J. (2024, febrero 7). *Cómo escribir el alcance de un proyecto en 8 sencillos pasos [2024]*

• *Asana*. Asana. <https://asana.com/es/resources/project-scope>

Nilson y Darwin-1997-Design of concrete structures.pdf. (s. f.). Recuperado 30 de agosto de 2024.

[https://marodyc.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/06/disec3b1o-de-estructuras de concreto-nilson-arthur.pdf](https://marodyc.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/06/disec3b1o-de-estructuras-de-concreto-nilson-arthur.pdf)

Normas AASHTO | Normas AASHTO en español. (2024). ASTM Latinoamérica.

<https://la.astm.org/es/standards/aashto/>

Portal INVÍAS - Colombia. (s. f.). Recuperado 22 de noviembre de 2024, de

<https://www.invias.gov.co/>

Proyectos | PI S.A.S. (s. f.-b). PI S.A.S. <https://www.pi-sas.org/clientes>

Sánchez Henao, J. C. (2010). Interventoría de proyectos y obras. Editorial Universidad Nacional

de Colombia. <https://elibro-net.bibliotecavirtual.uis.edu.co/es/ereader/uis/127773>

SEP. (2022, agosto 2). *Los procedimientos de la gestión técnica*. Gobierno de México.

<https://nuevaescuelamexicana.sep.gob.mx/detalle-ficha/6930/>