

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE
MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS AL PROGRAMA DE INGENIERÍA
CIVIL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

MARLA MILENA GÓMEZ GÓMEZ



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

2006

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE
MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS AL PROGRAMA DE INGENIERÍA
CIVIL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

MARLA MILENA GÓMEZ GÓMEZ



**Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de
Ingeniero Civil**

**Director Temático:
Ing. M.Sc. Cesar Eduardo Pereira López**

**Asesor Metodológico:
Ing. Esp. Ricardo Andrés Escobar Arévalo**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

2006

Cartagena D. T y C., 22 de Enero de 2007.

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ciudad

Apreciados señores,

La presente tiene por objeto, presentar para su estudio y aprobación mi proyecto de grado titulado “PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS AL PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR”, como requisito para optar el título de Ingeniero Civil.

Agradezco de antemano la atención prestada que merezca la presente.

Cordialmente,

MARLA MILENA GÓMEZ GÓMEZ

Cartagena D. T. y C., 22 de Enero de 2007.

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ciudad

Apreciados señores:

El presente tiene por objeto comunicarles que hemos dirigido y asesorado a la estudiante de la facultad de Ingeniería Civil MARLA MILENA GÓMEZ GÓMEZ, en su proyecto de grado titulado “PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS AL PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR”, presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Civil.

Agradeciendo la atención prestada,

CESAR PEREIRA LÓPEZ
Director Temático del Proyecto
Ingeniero Civil- Profesor Catedrático

RICARDO ESCOBAR ARÉVALO
Asesor Metodológico del Proyecto
Ingeniero Civil- Consultor

Nota de aceptación:

Firma del presidente de jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena, fecha (día, mes, año) _____

DEDICATORIA

A Dios que en un día de desmotivación
Me enseñó que: “Él da esfuerzo al cansado y
Multiplicará las fuerzas al que no tiene ninguna...”.

A mi Mamá, mi Papá y mi Hermano, por
Estar conmigo en este proceso y apoyarme
Desde el inicio de mi carrera.

A Ricardo Andrés por brindarme
Asesoría y colaboración incondicional
Para desarrollar este proyecto
Y culminarlo con éxito.

Marla Milena

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su reconocimiento:

A DIOS, fuente inspiradora y creadora de entendimiento y sabiduría para asumir esta tarea con tranquilidad y responsabilidad, logrando la culminación de las metas propuestas.

A MARLA GÓMEZ PATERNOSTRO y CESAR GÓMEZ GARAVITO, mis padres, por creer en mis capacidades y estar a mi lado dándome ánimo en los momentos de mayor dificultad en los que creí desfallecer.

A RICARDO ESCOBAR ARÉVALO, Asesor Metodológico, por hacerme entender la importancia de este trabajo y crear en mí la motivación, seguridad y responsabilidad para el desarrollo de mi trabajo de grado.

A GERMÁN CASTAÑO RODRÍGUEZ Director del Centro de Servicios de Ingeniería, por convertirse en la persona que siguió nuestro proceso académico y compartió nuestras experiencias en transcurso de la carrera de Ingeniería Civil.

A BENJAMÍN ARANGO ZABALETA Director del Programa de Ingeniería Civil y Ambiental, que desde el inicio mostró gran interés en el desarrollo de este proyecto.

A CESAR PEREIRA LÓPEZ Director Temático del Proyecto, por su orientación y asesoría en el desarrollo de este trabajo.

A TODAS aquellas personas, que estuvieron en todo momento y entendieron la importancia de este proceso para mi formación académica.

RESUMEN

El aprendizaje de actividades relacionadas con diversas áreas del conocimiento se fundamenta con base en la ejecución de pruebas que permitan el entendimiento de lo que se quiere aprender o investigar. La importancia del aprendizaje a partir de la metodología de prueba y error constituyen la esencia para el desarrollo de procesos que ayuden a la formación intelectual del estudiante de pregrado a adquirir hábitos para formular hipótesis, que den origen a la solución de problemas que se presenten en su entorno.

En la actualidad, la Universidad Tecnológica de Bolívar no cuenta con un Laboratorio equipado para el desarrollo de las asignaturas de Mecánica de Suelos y Pavimentos. Teniendo en cuenta el crecimiento de la población estudiantil y las necesidades del programa de fortalecerse, se desarrolló una propuesta para la implementación del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos que comprendió desde el Diagnóstico de la Situación Actual, Descripción General del Proyecto, Diseño Arquitectónico y Estructural del Laboratorio, Parámetros de Investigación, Impacto ambiental, Presupuesto y Relación Costo- Beneficio, hasta una guía para la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad con mira a una futura Acreditación.

Finalmente se infiere que contribuir con estas áreas del conocimiento es uno de los pasos que se requieren para continuar con el posicionamiento del programa de Ingeniería Civil y consolidarlo a nivel regional y nacional.

CONTENIDO

INTRODUCCION	19
OBJETIVOS	22
OBJETIVO GENERAL	22
OBJETIVOS ESPECIFICOS	22
1 ANTECEDENTES	24
1.1 PRUEBAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO	24
1.1.1 Mecánica de Suelos	24
1.1.2 Pavimentos	28
1.2 LABORATORIOS DE OTRAS UNIVERSIDADES A NIVEL NACIONAL	29
1.2.1 Universidad EAFIT	30
1.2.2 Pontificia Universidad Javeriana	31
1.2.3 Universidad del Norte	32
1.2.4 Universidad de los Andes	33
1.2.5 Universidad Industrial de Santander- UIS	34
1.2.6 Politécnico Jaime Isaza Cadavid	35
1.2.7 Universidad Militar Nueva Granada	36
2 MARCO TEORICO	37
2.1 MECÁNICA DE SUELOS	37
2.2 PAVIMENTOS	39
2.3 ENSAYOS DE LABORATORIO	40
2.3.1 Mecánica de Suelos	41
2.3.2 Pavimentos	42
2.4 EQUIPOS E INSUMOS DE LABORATORIO	43
2.4.1 Equipos	43
2.4.2 Insumos	45
2.4.3 Herramientas	46
2.5 Naturaleza de los Laboratorios	49

3	SITUACIÓN ACTUAL	51
3.1	CARACTERIZACION DE LOS LABORATORIOS DEL PROGRAMA	52
3.1.1	Generalidades	52
3.1.2	Instalaciones de los Laboratorios	53
3.1.3	Equipos de los Laboratorios	55
3.1.4	Población Estudiantil	55
3.1.5	Alianzas y Convenios	56
3.1.6	Medios de Divulgación	57
3.1.7	Sistema de Calidad y Acreditaciones	57
3.1.8	Naturaleza de los Laboratorios del Programa	57
3.2	ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL	58
3.2.1	Conclusiones del Análisis	59
4	DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO	62
4.1	EVALUACIÓN Y ESCOGENCIA DEL SITIO DEL PROYECTO	62
4.1.1	Evaluación de la Propuesta 1 y Criterios de Evaluación	63
4.1.2	Evaluación de la Propuesta 2 y Criterios de Evaluación	65
4.2	DESCRIPCION DEL AREA CONTIGUA A LA ZONA DEL PROYECTO	66
4.2.1	Edificio Aulas 2	66
4.2.2	Zona de Mantenimiento y Servicios Generales	73
4.3	ZONA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO	77
4.3.1	Descripción	77
4.3.2	Características del Sitio	77
4.3.3	Proyección y Crecimiento de la Infraestructura Universitaria vs. Ubicación del Proyecto	78
5	DISEÑO DEL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	79
5.1	GENERALIDADES	79
5.2	INSTALACIONES DEL LABORATORIO	79
5.2.1	Consideraciones Generales	80

5.2.2	Distribución de Áreas del Laboratorio	81
5.2.3	Descripción Arquitectónica Y Estructural del Proyecto	82
5.3	CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE	83
5.4	DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS LABORATORIO	84
5.4.1	Disposiciones Generales	84
5.4.2	Clasificación de los residuos de los ensayos de Laboratorio	84
5.4.3	Recomendaciones para el manejo de los residuos sólidos generados en el Laboratorio	85
6	PARAMETROS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO	89
6.1	PARAMETROS DE INVESTIGACION PARA MECANICA DE SUELOS	90
6.2	PARAMETROS DE INVESTIGACION PARA PAVIMENTOS	91
6.2.1	Parámetros de investigación para diseño de Mezcla para pavimentos	91
7	DETERMINACION DE PRUEBAS Y ENSAYOS BASICOS DEL LABORATORIO	92
7.1	MECANICA DE SUELOS	92
7.2	PAVIMENTOS	93
7.3	PROPÓSITOS Y ALCANCES DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO	96
8	DISEÑO DE LAS GUIAS DE LABORATORIO	97
8.1	GUIAS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	98
8.2	RECOMENDACIONES PARA PRESENTAR INFORMES DE LABORATORIO	99
8.2.1	Procedimiento para presentar el informe	100
9	GUIA METODOLOGICA PARA LOGRAR LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CALIDAD AL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	102

9.1	LA CALIDAD: REQUISITOS PARA LA INTERNACIONALIZACION	104
9.1.1	Sistema de Calidad en Laboratorios de Pruebas y Ensayos	104
9.2	NORMATIVAS	104
9.2.1	Norma NTC ISO 17025	104
9.2.2	Norma NTC ISO 9001	105
9.2.3	Norma NTC ISO 17025 vs. Norma NTC ISO 9001: ¿Acreditación o Certificación?	105
9.3	IMPORTANCIA DE LA ACREDITACION PARA LOS LABORATORIOS DE ENSAYOS	107
9.3.1	Beneficios de la Acreditación	108
9.4	ORGANISMO DE ACREDITACION: LA SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO (SIC)	109
9.4.1	Funciones	109
9.5	SITUACION ACTUAL DE LA ACREDITACION EN COLOMBIA	111
9.5.1	Laboratorios de Pruebas y Ensayo Acreditados a nivel nacional	113
9.5.2	Situación Actual de los laboratorios de pruebas y ensayo de los programa de Ingeniería civil de las Universidades de Cartagena	115
9.6	DESARROLLO DE LA GUIA METODOLOGICA PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE CALIDAD AL LABORATORIO	117
9.7	REQUERIMIENTOS ANTE LA SIC PARA INICIAR EL PROCESO DE ACREDITACION DEL LABORATORIO, POSTERIOR A LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CALIDAD	121
10	PRESUPUESTOS Y COSTOS ASOCIADOS AL PROYECTO	124
10.1	PRESUPUESTOS	124
10.1.1	Presupuesto de Obra Civiles	124
10.1.2	Presupuesto de Equipos y Accesorios para los ensayos de Laboratorios	126
10.2	OTROS COSTOS ASOCIADOS AL PROYECTO	127
10.2.1	Costos por personal de Laboratorio	127
10.2.2	Costos por capacitaciones	128

10.2.3	Costos por mantenimiento y calibración de equipos	128
10.2.4	Otros Costos de laboratorio	129
10.3	ANÁLISIS DE COSTOS Y PROYECCIONES DE LA INVERSIÓN	129
10.3.1	Inversión a Corto Plazo	130
10.3.2	Inversión a Mediano Plazo	133
10.3.3	Inversión Largo Plazo	137
10.4	RELACION COSTO – BENEFICIO	140
10.4.1	Beneficios del Proyecto	140
	CONCLUSIONES	142
	RECOMENDACIONES	145
	BIBLIOGRAFIA	149
	ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1a.	Población estudiantil por programa – 2001 a 2006	24
Tabla 2.	Clasificación de los ensayos de laboratorio	42
Tabla 3.	Laboratorios de Ingenierías - Edificio Aulas 2	53
Tabla 4.	Equipos de Laboratorio Integrado.	55
Tabla 5.	Evaluación Propuesta 1	63
Tabla 6.	Evaluación Propuesta 2	65
Tabla 7.	Relación del Laboratorio y el programa Académico al cual pertenece – Primer nivel Edificio Aulas 2.	70
Tabla 8.	Distribución de Áreas del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos.	81
Tabla 9.	Clasificación de los posibles residuos generados en las pruebas de laboratorio.	85
Tabla 10 ^a .	Ensayos para Mecánica de Suelos	92
Tabla 10b.	Ensayos para Pavimentos	94
Tabla 10c.	Ensayo para Diseños de Mezclas	96
Tabla 11.	Certificación vs. Acreditación.	107
Tabla 12.	Beneficios de la Acreditación.	108
Tabla 13.	Representante de Calidad y sus responsabilidades en la normas (ISO -9001 e ISO 17025)	119
Tabla 14.	Organización secuencial de los Capítulos del presupuesto de Obra del Laboratorio	125
Tabla 15.	Costos por Personal de Laboratorio	128
Tabla 16.	Equipos y Accesorios- Inversión a Corto Plazo	131
Tabla 17.	Total Costo de Inversión a Corto Plazo	133
Tabla 18.	Equipos y Accesorios- Inversión a Mediano Plazo	134
Tabla 19.	Capacitaciones al personal de Laboratorio- Mediano Plazo	136
Tabla 20.	Total Costos de Inversión a Mediano Plazo	136

Tabla 21.	Equipos y Accesorios- Largo Plazo	138
Tabla 22.	Capacitaciones al personal de Laboratorio- Largo Plazo	139
Tabla 23.	Total Costo de Inversión- Largo Plazo	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Instalaciones del Laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales Universidad del Norte.	27
Figura 2. Procedimiento, cálculos y equipos de Laboratorio	27
Figura 3. Muestras analizadas en los ensayos	27
Figura 4. Balanzas de Triple brazo	44
Figura 5. Horno de Laboratorio	44
Figura 6. Disecador de vidrio	45
Figura 7. Elementos de vidrio y cristalería	45
Figura 8. Materiales de Porcelana	46
Figura 9. Materiales de Plástico	46
Figura 10. Herramientas	47
Figura 11. Instalaciones del Laboratorio Integrado de Ingenierías.	54
Figura 12. Zona de ejecución del proyecto de adecuación y ampliación del campus universitario- Edificio de Bienestar Universitario	65
Figura 13a. Zona de acceso – Edificio Aulas 2	67
Figura 13b. Zona de Laboratorios electrónica – Segundo nivel Edificio Aulas 2.	68
Figura 13c. Zona de Laboratorios Electrónica, Eléctrica y Mecánica – Zona social Laboratorios. Segundo Nivel Edificio Aulas 2	68
Figura 13d. Zona de Laboratorios Ciencias Básicas – Segundo Nivel Edificio Aulas 2.	69
Figura 14. Planta de la zona de Laboratorios – Primer nivel Edificio Aulas 2.	70
Figura 15a. Acceso a la zona de Laboratorios – Primer Nivel Edificio Aulas 2.	72
Figura 15b. Vista Frontal de los Laboratorios de Ingeniería Industrial.	72

Figura 15c. Área de circulación y acceso a los Laboratorios de Ingeniería.	73
Figura 16. Planta de la Zona de Mantenimiento y Servicios Generales.	74
Figura 17. Zona de Mantenimiento y Servicios Generales	75
Figura 18a. Descripción de los Alrededores que limitan con la Zona de Mantenimiento.	76
Figura 18b. Descripción de los Alrededores que limitan con la zona del proyecto.	76
Figura 19a. Fachada Principal – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos.	82
Figura 19b. Planta Arquitectónica del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos.	83
Figura 20. Organización del sistema nacional de Normalización, Certificación y Metrología.	103
Figura 21. Modelo de un sistema de Gestión de la Calidad Basado en Procesos.	106
Figura 22a. Estado Actual de la Acreditación en Colombia.	112
Figura 22b. Acreditación 1998 a 2004	112

ANEXOS

Anexo A. Planos

A.1 Planta General Campus de Ternera, Localización del Proyecto

A.2 Planta General Zona de Ubicación del Proyecto

A.3 Planta Arquitectónica del Laboratorio

A.4 Fachada Principal y cortes

A.5 Distribución de los equipos dentro del Laboratorio

A.6 Planta General del Proyecto con Curvas de Nivel

A.7 Plano Estructural del Laboratorio

Anexo B. Presupuesto

B.1 Presupuesto de Obras Civiles

B.2 Presupuesto Equipos ELE-SOILTEST

B.3 Presupuesto Equipos PINZUAR

B.4 Presupuesto Equipos DIRIMPEX

Anexo C. Registro Fotográfico

Anexo D. Solicitud de Acreditación de Laboratorios de Ensayos-SIC

Anexo E. Caracterización del Suelo

Anexo F. Guías de Laboratorio

F.1 Guías de Laboratorio de Mecánica de Suelos

F.2 Guías de Laboratorio de Pavimentos

F.3 Guías de Laboratorio para Diseño de Mezcla

INTRODUCCIÓN

Una de las áreas de mayor importancia dentro de la Ingeniería Civil es la relacionada con el estudio del comportamiento de los suelos. Cualquiera que sea el proyecto a realizar, está estrechamente ligado con la caracterización de los materiales que se encuentran en el subsuelo, la interacción suelo-estructura y el comportamiento de éste ante eventuales o constantes cargas aplicadas.

La importancia de un estudio geotécnico en múltiples proyectos de ingeniería exige contar con elementos y equipos que permitan alcanzar un conocimiento completo de la naturaleza de su comportamiento y las implicaciones que conlleva el desarrollo de trabajos sobre ellos.

Para iniciar un proceso de enseñanza-aprendizaje, el estudiante de ingeniería civil deberá colocar a prueba muchos de los conocimientos adquiridos en la teoría a la experimentación y observación del comportamiento de los materiales y procesos analizados. Esto se debe a que la adecuada interacción del análisis teórico y experimental proporciona la visualización de muchos fenómenos, dejando a un lado las hipótesis para aquello cuya experiencia, trayectoria y razonamiento físico han demostrado no tener valiosos efectos sobre las características primordiales, como es el caso de los suelos por ejemplo.

El suelo, que por lo general es un medio con propiedades desiguales en todo su contexto, es idealizado por el ingeniero para poder hacer uso de las teorías aprendidas en los cursos teóricos de pregrado, definiendo así el paso de la comprensión entre la Mecánica de Suelos y su experiencia idealizada y teórica a lo que en realidad es el comportamiento del suelo, que es lo que se realiza y comprueba en la actividad experimental.

Las prácticas de Laboratorio constituyen el soporte a los conceptos teóricos que el estudiante de Ingeniería Civil aprende en los cursos de Mecánica de Suelos, Diseño de Fundaciones, Pavimentos o en aquellas asignaturas en las cuales se hace necesaria la intervención de experiencias básicas para la captación de los temas concernientes a las asignaturas respectivas.

De esta manera, para el desarrollo de actividades de tipo experimental, será necesario estandarizar los procesos que se lleven a cabo en los Laboratorios de Pruebas y Ensayos, con el fin de que se logren resultados positivos y confiables y éstos además estén sujetos a la aprobación de un sistema nacional que garantice la confiabilidad en los resultados obtenidos.

Es por esto que el Gobierno Colombiano, a través del Ministerio de Desarrollo Económico creó el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología (SNNCM), con el objetivo principal de promover la seguridad, calidad y competitividad en la prestación de servicios, bienes o productos del mercado para el beneficio de los consumidores. La estructura del SNNCM, está conformado por la Superintendencia de Industria y Comercio, SIC, (Organismo de Acreditación) y el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, (Organismo Nacional de Normalización).

La Superintendencia de Industria y Comercio, SIC, es un organismo del SNNCM, el cual se encarga de la supervisión, coordinación y acreditación de entidades tales como:

- Organismos de Inspección
- Laboratorios de Pruebas y Ensayos
- Laboratorios de Metrología
- Organismos de Certificación

Para sistematizar los procesos de experimentación, garantizando al consumidor la calidad en la elaboración de las pruebas realizadas y confiando

en los resultados obtenidos, los laboratorios de Pruebas y Ensayos están regidos bajo la norma NTC 17025, la cual se refiere a que el laboratorio está autorizado o es competente para desarrollar ensayos o calibraciones con una alta capacidad técnica.

De esta manera, la implementación de un Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos constituye precisamente el complemento para la formación de los estudiantes del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Bolívar, pues es allí donde se ejecutan las experiencias básicas que dan origen al entendimiento mismo de las áreas que se desarrollan a lo largo de la carrera y se logran establecer los parámetros de desarrollo de los investigadores en su proceso inicial de interacción con el suelo, en su carrera profesional.

Con la elaboración de este proyecto se argumenta la importancia de implementar un Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos con fin de complementar la formación de los estudiantes del programa de Ingeniería Civil, bajo las directrices de las normas nacionales e internacionales vigentes para la ejecución de las pruebas y ensayos en las áreas mencionadas (NTC, INVIAS y ASTM) y así poder dar un análisis, soluciones y recomendaciones al programa en mención si se decidiera desarrollar un sistema de calidad al Laboratorio para su posterior Acreditación.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta para la implementación del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos, con el fin de incentivar a la Universidad al desarrollo de un proyecto para la ejecución de pruebas y ensayos de los estudiantes del programa de Ingeniería Civil.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar un diagnóstico con base en las características del estado actual de los laboratorios de Ingeniería Civil, para proponer alternativas de solución a los problemas detectados.
- Efectuar sondeos dentro de la Universidad que proporcionen información para la descripción general del proyecto, basándose en la proyección y ampliación de la Infraestructura de la Universidad.
- Realizar los Diseños Arquitectónicos y Estructurales del Laboratorio, cumpliendo con las exigencias de capacidad y requerimientos de éste.
- Determinar los costos de Inversión y Presupuesto asociados al proyecto y establecer los comparativos de costo- beneficio de éste.
- Establecer los parámetros de Desarrollo e Investigación de los Laboratorios de Mecánica de Suelos y Pavimentos para determinar los ensayos básicos dentro de las normas establecidas.

- Definir los pasos para la implementación de un sistema de calidad al Laboratorio bajo la Norma NTC- ISO 17025.
- Diseñar las guías para los laboratorios de Mecánica de Suelos y Pavimentos que cumplan con las exigencias de las Normas INVIAS y NTC.

1 ANTECEDENTES

El desarrollo de las actividades académicas y la ejecución de pruebas y ensayos de laboratorio, se deberán realizar de forma paralela de tal manera que se complementen y contribuyan a su comprensión y entendimiento de los temas en las áreas de cada programa por parte de los estudiantes en su proceso académico.

El deseo de proponer la implementación de un laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos al Programa de ingeniería civil nace a partir de una necesidad de complementar los temas de las asignaturas de Suelos y Pavimentos para su entendimiento y el desarrollo de actividades experimentales.

En el primer periodo del año 2001, se iniciaron las actividades académicas del programa de Ingeniería Civil con una población de 9 estudiantes, 2 mujeres y 7 hombres. Al finalizar ese año, el programa alcanzaría una población de 15 estudiantes matriculados. Las variaciones de la población estudiantil desde el 2001 hasta el 2006, se aprecia en las tabla 1.

1.1 PRUEBAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO

1.1.1 Mecánica de Suelos

Dentro del pènsun académico del Programa de Ingeniería Civil, la asignatura de Mecánica de Suelos se encuentra incluida en sexto (6to) nivel. Para el segundo periodo de 2003 (2P- 03) los estudiantes que iniciaron con el programa, se encontraban cursando esta asignatura.

Tabla 1. Población estudiantil por programa –Crecimiento desde 2001 a 2006
 (Fuente: Planeación, Desarrollo y Prospectiva, Ing. Carlos Botero. Universidad Tecnológica de Bolívar, 2006)



El crecimiento de la población estudiantil del Programa de Ingeniería Civil, de acuerdo con la tabla anterior, muestra que en el año 2003, había aumentado a 24 estudiantes aunque éstos no correspondían a la cantidad que estaría cursando sexto semestre del programa. En ese periodo se alcanzó un total de 14 estudiantes conformado por 11 hombres y 3 mujeres, siendo una de ellas estudiante de intercambio de la Universidad de los Andes de Bogotá.

La necesidad de ejecutar las pruebas de laboratorio para Mecánica de Suelos era el complemento para las actividades que se desarrollaban en las aulas de clase, haciendo de éstas una herramienta fundamental para el entendimiento de ésta Ciencia.

Para ese entonces, la Universidad en su afán de ofrecer y mantener la calidad a los estudiantes sin importar el número de la población, decidió que la mejor

alternativa era ofrecerles un servicio de calidad para el refuerzo y complemento de las actividades en una Institución de reconocimiento a nivel regional.

Aprovechando el convenio interinstitucional entre la Universidad Tecnológica de Bolívar y la Universidad del Norte, aquel grupo de estudiantes fue trasladado con el coordinador de la asignatura, hacia las instalaciones de la Universidad en la ciudad de Barranquilla.

El desarrollo de las actividades de laboratorio se ejecutó con éxito. Las pruebas y ensayos se realizaron en un día y fueron coordinadas por Auxiliares y Laborantistas de la dependencia. El suministro de guías para los ensayos conforme con las normativas asociadas, ilustraciones y explicaciones ayudó al procedimiento de las actividades en un área ampliamente estructurada de 177.22 m² aproximadamente.

Para esa primera visita al “Laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales de Construcción- Joaquín Ruiseco” de la Universidad del Norte, se logró ejecutar los siguientes ensayos (Ver figuras 1, 2 y 3):

- Contenido de Humedad
- Peso Unitario de Suelos Cohesivos
- Gravedad Específica de los Suelos
- Límite Líquido y Plástico de un Suelo
- Análisis Granulométrico: Método Mecánico e Hidrómetro

El desarrollo de las pruebas restantes contempladas en el temario inicial de la asignatura, se desarrolló en la segunda visita y tuvo una duración de dos días para su completa elaboración.

Figuras 1*. Instalaciones del Laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales- Universidad del Norte



Figuras 2. Procedimientos, Cálculos y Equipos de Laboratorio



Figuras 3. Muestras Analizadas en los Ensayos



* (Nota: Todas estas imágenes corresponden a la primera visita de los estudiantes de la UTB al Laboratorio de la Universidad del Norte. Septiembre 26 de 2003)

En esta nueva experiencia, se desarrolló los ensayos correspondientes a:

- Corte directo
- Ensayo de Compactación (Proctor)
- Densímetro Nuclear
- Densidad de Campo- Método de Cono y Arena
- Compresión Inconfinada

1.1.2 Pavimentos

En el primer periodo del año 2005 (1P- 05) se desarrollaron las actividades correspondientes para los estudiantes que estarían cursando octavo (8vo) nivel de Ingeniería Civil o a los cuales se les permitiría ingresar a la asignatura, dependiendo de la flexibilidad en el pñsum y las asignaturas de pre- requisito para Pavimentos. De acuerdo con el pñsum académico del programa, en este semestre se desarrollaría la asignatura de Pavimentos.

Para ese entonces era necesario nuevamente el desarrollo de pruebas y ensayos que definieran cada uno de los temas concernientes a la asignatura y que constituirían el complemento para desarrollar trabajos investigativos, talleres y parciales finales con base en la ejecución de dichas pruebas.

La población estudiantil para el año 2005 había cambiado. Los estudiantes que estaban aptos para el desarrollo de las pruebas de laboratorio para el área de pavimentos había disminuido; no todos los estudiantes se encontraban en octavo semestre y algunos se habrían retrasado o retirado. La población preparada para realizar los ensayos de laboratorio de pavimentos era de 5 estudiantes, cuatro (4) hombres y una (1) mujer.

La carencia de este servicio motivó nuevamente a las directivas del programa a presentarles una solución a éstos estudiantes, a través de la realización de los ensayos en las instalaciones de una empresa con reconocimiento local.

El desplazamiento de los estudiantes fuera del Campus Universitario para el desarrollo de las pruebas de laboratorio, se presentó una vez más pero con algo de inconformismo e incomodidad por encontrarse desarrollándolos fuera del campus universitario; aunque de esta manera se haya dado cumplimiento a los objetivos planteados inicialmente para esta asignatura.

1.2 LABORATORIOS DE OTRAS UNIVERSIDADES A NIVEL NACIONAL

La ejecución de pruebas y ensayos de Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos permite que el estudiante evalúe, clasifique, investigue y aprenda de las ciencias requeridas en su formación como profesional de la Ingeniería Civil.

En la actualidad, los niveles de competencia exigen la preparación integral del profesional y que éste se encuentre apto para asumir cualquier liderazgo y requiere calidad en los egresados de las diferentes facultades de Ingeniería Civil del país, lo que conlleva a la excelencia y el desarrollo del territorio nacional.

Para que la Universidad Tecnológica de Bolívar se integre en un proyecto de implementar un Laboratorio de Suelos y Pavimentos, es importante que se analicen los antecedentes de las Universidades que a nivel nacional tienen más tiempo en el medio y poseen más experiencia en el campo de las pruebas y ensayos dentro de la Ingeniería Civil. Esto con el fin de poder iniciar con una evaluación previa de lo que se desea y la finalidad de la inversión de la Institución, siguiendo la proyección de otros modelos pero realizando nuestro propio proyecto de Inversión para el Laboratorio del programa.

De esta manera, es importante mencionar un grupo de Universidades importante reconocidas del país, unas con mucha trayectoria y otras con

experiencia y acreditaciones de calidad para los Laboratorios; reconociendo los equipos que éstas poseen, estructura y datos importantes que nos sirvan como patrón para la propuesta de implementación de este proyecto.

1.2.1 Universidad EAFIT²

- Reseña

Los Laboratorios de Suelos, Concretos y Pavimentos, fueron creados en el año de 1984, con el fin de dotar de recursos docentes al programa de ingeniería civil.

- Área Física

Cuentan con un área cubierta de 252 m² y una descubierta de 158 m², constituidas por zonas de: concretos y pavimentos, suelos, ensayos dinámicos, zona general de ensayos, cuarto húmedo, cuarto de instrumentos, bodega y patio de materiales.

- Servicios

En el laboratorio se realizan ensayos de campo y de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la construcción de obras civiles. La utilización del Laboratorio es de carácter docente para el desarrollo de investigaciones, con la participación de los estudiantes y la industria. El Laboratorio de la Universidad EAFIT, presta servicios de extensión al medio industrial y empresarial mediante con el “Aseguramiento metrológico”.

- Recursos

Para el desarrollo de pruebas y ensayos, la Universidad EAFIT cuenta con los siguientes equipos: Triaxial cíclico y Columna resonante, Triaxial estático de tres celdas con control de velocidad eléctrica controlada, Equipo de corte directo para muestras de sección cuadrada y circular, Consolidómetros, Prensa para compresión simple, Balanzas y básculas electrónicas, Extractora de núcleos de hormigón y de concreto asfáltico,

² Fuente: Universidad EAFIT, Ingeniería Civil, Medellín, [en línea]. I2006. Disponible en: <http://www.eafit.edu.co/pregrados/civil/>

Viscosímetro de tres vasos y controlador de temperaturas digital, Ductilómetro, Equipo para destilación de emulsiones, Equipo para destilación de cementos asfálticos, Equipo de placa, CBR de campo (in situ), Autoclave para la expansión del cemento, Penetrómetro para tiempos de fraguado en el hormigón, Dispositivo para módulo de elasticidad en el hormigón, Prensa de 200 toneladas de capacidad con marco para compresión y flexión, RTD para medición de temperaturas con resolución de 0,01 °C , Centrifuga de 3600 rpm, Equipo de perforación por percusión (SPT), Unidad de adquisición de datos de 16 canales, Diales digitales y análogos, Ultrasonido con palpadores para madera, concreto y roca, Detector de refuerzo, dispositivos, instrumentación y material didáctico.

1.2.2 Pontificia Universidad Javeriana³

- Reseña

El Laboratorio de pruebas y ensayos de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana es una entidad encargada de apoyar las labores académicas y de investigación del departamento de Ingeniería Civil.

- Acreditación

La Superintendencia de Industria y Comercio mediante la Resolución No 16395 del 21 de julio de 2004, acreditó al laboratorio bajo la norma NTC ISO IEC 17025, dentro del sistema Nacional de Normalización, para realizar 52 ensayos sobre suelos, agregados pétreos, asfaltos, mezclas asfálticas, concretos, varillas de acero y unidades de mampostería de arcilla.

- Grupos de Investigación

El departamento de Ingeniería Civil ha venido desarrollando investigaciones en diferentes áreas de esta ciencia. De igual manera creó un grupo de Investigación llamado "GRUPO CECATA", el cual ha ejecutado pruebas e investigaciones en los siguientes parámetros: Usos de desperdicio plásticos

³ Fuente: Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de Ingeniería Civil, Santa Fe de Bogotá, 2006. Disponible en: http://ingenierias.javeriana.edu.co/portal/page?_pageid=233,768919,233_792422&_dad=portal&_schema=PORTAL&tab=laboratorios

en mezclas asfálticas, materiales para carreteras, geotecnia vial colombiana, transportes, diseño de estructuras de pavimentos y métodos y procesos constructivos.

1.2.3 Universidad del Norte⁴

- Reseña

La Universidad del Norte crea el Laboratorio de Ensayos y Materiales de Construcción “Joaquín Ruiseco” en el año de 1981, con el fin de prestar un servicio al sector de la construcción y servir como herramienta para los estudiantes en su formación.

- Área Física

En la actualidad, el laboratorio cuenta con distintas zonas en las que se desarrollan las actividades académicas y ensayos para determinar las propiedades mecánicas de los materiales de construcción. Estas zonas se encuentran representadas en un solo piso cuya área aproximada es de 177,22 m².

- Recursos

El Laboratorio de la Universidad del Norte cuenta con los siguientes equipos:

- ✓ Área de Pavimentos: Viscosímetro de 4 vasos, Máquina centrífuga, Equipo para determinar el contenido de finos presentes en arenas, Penetrómetro, Viga Benkelman, Equipo para determinar la relación de soporte del suelo. CBR, Prensa CBR, Prensa Marshall, Equipo para determinar el punto de ablandamiento de cementos y asfaltos líquidos, Copa abierta de cleveland, Hornos para secado, Termómetros para asfalto.
- ✓ Área de Suelos: Equipo de Corte Directo para muestra de sección cuadradas, Máquina Triaxial Geotes, Moldes de Compactación

⁴ Fuente: Universidad del Norte, Barranquilla, [en línea]. 2006. Disponible en: http://www.uninorte.edu.co/divisiones/ingenierias/Dpto_Civil/Lab_Ensayos_Y_Materiales/secciones.asp?ID=4

Proctor estándar y Modificado, Consolidómetro para muestras de Diámetro 62 mm., Densímetro Nuclear marca Troxler, Equipos para límites de Consistencia, Equipos para prueba de permeabilidad cabeza constante y variable, Equipo para granulometría por tamizado e hidrómetro, Balanzas electrónicas con sensibilidad de 0.001 g y 1 g, Balanzas analíticas, Equipo para determinación de la densidad en campo, Equipo manual de perforación en campo, Equipo para determinar la resistencia a la compresión inconfiada, Hornos para el calentamiento de muestras, Equipo para determinar la Humedad en campo.

- Servicios

El laboratorio tiene una gran variedad de servicios al sector de la construcción, y a la investigación docente y de los estudiantes de la Universidad. Dentro de éstos se ofrecen ensayos sobre los distintos materiales: Suelos, Agregados, Hormigones, Asfaltos y Mezclas Asfálticas.

1.2.4 Universidad de Los Andes⁵

- Reseña

La Universidad de Los Andes posee un Centro de Investigación en Materiales y Obras Civiles- CIMOC, con el fin de desarrollar actividades en la modalidad de servicios, proyectos e investigaciones relacionadas con las obras de infraestructura y los materiales de construcción.

- Áreas de Trabajo

El CIMOC, desarrolla investigaciones en las principales áreas de trabajo que incluyen: Materiales de construcción, Estructuras, Mecánica de suelos y geotécnica, pavimentos y desarrollos viales e Ingeniería sísmica.

- Servicios

Consiste en la prestación de servicios de laboratorio, pruebas, ensayos, simulación y asesorías a la empresa. Este tipo de contratos pretende

⁵ Fuente: Universidad de Los Andes, Santafé de Bogotá, [en línea]. 2006. Disponible en: http://ingenieria.uniandes.edu.co/subseccionn3.php?id_nivel3=106&id_nivel2=98&id_nivel1=6

facilitar a la empresa el acceso a equipos y software de laboratorio de propiedad de la Universidad y a la emisión de conceptos y asesorías con la garantía de la transparencia que ofrece la Universidad.

- Contratos de investigación y/o consultoría

Este tipo de integración incluye acuerdos o contratos específicos para realizar proyectos de investigación y/o consultoría especializada, generalmente basados en una propuesta técnica y económica presentada y aprobada previamente por la empresa.

- Alianzas estratégicas

Son una evolución de las actividades de investigación y desarrollo articuladas con el sector empresarial.

- Acreditación

Los laboratorios del CIMOC se encuentran acreditados ante la Superintendencia de Industria y Comercio.

1.2.5 Universidad Industrial de Santander- UIS⁶

- Servicios

El objetivo del laboratorio es capacitar al estudiante en el análisis de suelos de tal forma que a lo largo y al finalizar el programa con los ensayos realizados pueda realizar: La clasificación general de los suelos, El control de la construcción, Determinar la resistencia del suelo.

- Pruebas y Ensayos

- ✓ Ensayos de suelos: Ensayos básicos, ensayos de resistencia al corte, ensayos in-situ, preparación y toma de muestras, consolidación, ensayo de placa modulo de reacción K, expansibilidad.
- ✓ Ensayos de pavimentos: Asfaltos, mezclas de concreto asfáltico, emulsiones asfálticas.

⁶ Fuente: Universidad Industrial de Santander - UIS, Bucaramanga, [en línea]. 2006. Disponible en: https://www.uis.edu.co/portal/info_academica/escuelas/escs.jsp?cual2=16

1.2.6 Politécnico Jaime Isaza Cadavid⁷

- Reseña

El Laboratorio de Suelos, Pavimentos y concretos está localizado en el Centro de Laboratorios y Experimentación, Está conformado cada salón por una zona que contiene la sala central, compuesta por el salón de exposiciones magistrales y el área de trabajo práctico y la bodega de almacenamiento de equipo. Cada laboratorio tiene una capacidad máxima de veinte estudiantes por sesión. En el laboratorio se dictan las prácticas de Tecnología del concreto, suelos y pavimentos para Ingeniería civil y Tecnología en construcciones civiles. El Laboratorio de Pavimentos y Concretos, cuenta con dos auxiliares administrativos para el apoyo académico de las practicas.

- Pruebas y ensayos

- ✓ Ensayos de Suelos: Exploración, perforación, extracción de suelo en el campo, Identificación de suelos en el campo, Conocimiento del laboratorio, Conocimiento del laboratorio, Manejo de balanzas, Humedad de un suelo, Granulometría por tamices a suelo grueso, Pérdidas por lavado, Calibración matraces, Gravedad específica, Granulometría por tamices a suelo lavado, Hidrómetro, Límites: Líquido, plástico, de contracción, Compactación, Densidad de campo, Compresión simple, Penetrómetro, Permeabilidad, Consolidación.
- ✓ Ensayos de Pavimentos: Proctor modificado, Densidad campo, CBR (remoldado) P.i., CBR (remoldado) P.f., Equivalente de arena, Granulometría gruesos, Índices de forma, Peso específico de gruesos, Adherencia, Elaboración de briquetas, Densidad briquetas, Estabilidad briquetas, Flujo briquetas, Extracción asfalto, Granulometría extracción.

⁷ Fuente: Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Medellín, [en línea]. 2006. Disponible en: http://www.politecnicojic.edu.co/investigacion/lab_pavimentos_concretos.htm

1.2.7 Universidad Militar Nueva Granada⁸

- Servicios

El laboratorio de Pavimentos de la Universidad Militar Nueva Granada está dotado con los equipos necesarios para realizar la caracterización y determinar la capacidad de soporte de los suelos (subrasante) y materiales pétreos que componen las capas estructurales (base y subbase); del pavimento flexible; se realiza la caracterización de los diferentes tipos de asfaltos para clasificarlos y determinar las propiedades físicas de los mismos, además, en el aspecto de diseño y evaluación mecánica y dinámica de las mezclas asfálticas se realizan los ensayos Marshall, compresión diametral, fatiga y ahuellamiento.

- Pruebas y Ensayos

- ✓ Ensayos a los Agregados: Granulometría (I.N.V. E-123), Equivalente de Arena (I.N.V. E - 133), Resistencia al desgaste de los agregados por medio de la máquina de los ángeles (I.N.V. E – 218), Peso específico y absorción de agregados finos (I.N.V. E – 222), Peso específico y absorción de agregados gruesos (I.N.V. E–223).
- ✓ Ensayos Asfaltos: Los ensayos que se realizan a los asfaltos se dividen de acuerdo a la característica a evaluar; estas características son: 1. Consistencia, 2. Seguridad, 3. Otras Características.

⁸ Fuente: Universidad Militar Nueva Granada, Santafé de Bogotá, [en línea]. 2006. Disponible en: <http://www.umng.edu.co/www/section-3318.jsp>

2 MARCO TEÓRICO

Un Laboratorio de Ensayos se define como el sitio o local equipado para la investigación, medición, comprobación, calibración o determinación de otras tareas científicas, técnicas o didácticas, con la finalidad de conocer las características o el rendimiento de materiales o productos.

Los objetivos de un laboratorio de Pruebas y Ensayos deben definirse claramente y expresarse con la mayor sencillez posible. La claridad de la definición es de importancia fundamental, porque en ella se basan todas las actividades del laboratorio.

El objetivo general del laboratorio puede definirse como sigue: producir datos analíticos de exactitud y fiabilidad suficientes en un plazo y con un costo aceptables.

2.1 MECÁNICA DE SUELOS

Cuando se analizan muestras de suelo, se pretende determinar sus características físicas, composición e interacciones entre sus partículas. Para desarrollar un Proyecto de obra civil, es importante conocer previamente las condiciones del terreno donde se va a apoyar la estructura, o si la estructura se construirá sobre un manto de tierra o roca y además es importante conocer las posibles fuentes del material a analizar.

Cuando hablamos de una estructura, desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos, se pueden determinar tres categorías⁹:

⁹ Fuente: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, UIS. Laboratorio de Suelos y Pavimentos, Bucaramanga, 2006. Disponible en: <http://albatros.uis.edu.co/~pagina/laboratorios/suelos/index.html>

1. Estructuras que presentan un problema básico de interacción suelo-estructura, para lo cual se tienen: Fundaciones o Cimentaciones, Estructuras de retención, Líneas de túneles o Sistemas de Conducción.
2. Estructuras que se construyen en el terreno tales como vías, carreteras, presas de tierra pedraplenes, bases y sub-bases para pavimentos.
3. Estructuras de tierra o rocas en su condición natural, en las cuales se incluyen los taludes o cortes generados ante alguna obra civil o alguna acción desarrollada por el hombre.

Para cualquiera de los casos anteriormente mostrados, es necesario el entendimiento de las propiedades del suelo porque éste ayuda a la mejor comprensión de las posibles situaciones que se generen, además de constituir al desarrollo de diseños bajo condiciones de seguridad y economía de la obra.

Es de vital importancia el desarrollo de un adecuado programa de exploración y muestreo del área de interés, al momento de iniciar cada obra. Aunque los estudios de suelos resulten exigentes al inicio de cada obra, se deberá asegurar siempre que los estudios cubran toda la zona de influencia de la obra.

Cuando se procede a obtener información de las características del suelo, se pueden dividir en dos categorías:

1. Métodos Indirectos: En los que se incluyen fotografías aéreas, mapas topográficos, interpretación de mapas e informes de reportes geológicos o estudios de suelo previamente desarrollados.
2. Métodos Directos: Éstos son los más importantes y los que suministran más información referente al estudio de suelos:
 - Reconocimiento de la Zona: Se desarrolla la inspección visual de un profesional de las condiciones de los materiales del suelo en su estado natural, en donde se realizan visitas de laderas de ríos o quebradas, cortes de vías, túneles o conducciones naturales.

- Ejecución de Apiques, perforaciones, trincheras que permitan la obtención de muestras alteradas o inalteradas de la zona de interés.
- Ensayos in- situ ó en el sitio, los cuales permiten correlacionar los resultados obtenidos con las propiedades ingenieriles o información general obtenida.
- Ensayos detallados in- situ, los cuales permiten medir directamente en campo las propiedades de los suelos.

2.2 PAVIMENTOS

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente¹⁰.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no sólo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida

¹⁰ Fuente: Contruaprende.com, Ingeniería Civil y Arquitectura. Trabajo 7. Disponible en: <http://www.contruaprende.com> [en línea]. 2006.

por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

2.2.1 Tipos De Pavimentos

Básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles.

El pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varia entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento esta compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base.

2.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

La ejecución de pruebas y ensayos de Laboratorio son esenciales para conocer las propiedades físicas de los suelos y con ello se facilita el diseño de cimentaciones de estructuras, excavaciones en laderas, cálculos de estabilidad de taludes, espesores de pavimentos, cálculos de asentamientos, etc.

El desarrollo de ensayos de Laboratorio constituye la fase inicial del proceso de aprendizaje e investigación para el estudiante de pregrado y son el soporte para los diseños de estudios de suelos y diseño de estructuras a partir de los resultados que estos arrojen, los cuales son utilizados por los Ingenieros Civiles.

2.3.1. Mecánica de Suelos

En cuanto a los ensayos de mecánica de suelos, es necesario saber cuales son los parámetros de evaluación para luego determinar los ensayos que se deben realizar, para ello se tienen:

- Propiedades elementales de los suelos
 1. Análisis Granulométrico (Tamiz e Hidrómetro)
 2. Preparación y estudio de las muestras de suelo
 3. Índice de Plasticidad
 4. Peso específico y Densidad
 5. Porosidad e Índice de Poros
 6. Humedad y grado de saturación
 7. Equivalente de arena
 8. Límites de Atterberg

- Teoría de la Consolidación
 1. Consolidación Unidimensional

- Compactación de suelos
 1. Ensayo Proctor
 2. Ensayo CBR
 3. Mediciones de densidad de campo

- Teoría de la resistencia al corte
 1. Ensayo de Corte directo
 2. Ensayo de compresión triaxial
 3. Ensayo no drenado
 4. Ensayos consolidados no drenados
 5. Ensayos drenados

- Investigación del subsuelo y métodos de mejoramiento del terreno
 1. Exploraciones e investigaciones del subsuelo
 2. Técnicas de muestreo de suelos
 3. Ensayos de suelos en laboratorio e in- situ

A continuación se presenta en la tabla 2, los ensayos usualmente utilizados en los laboratorios y clasificados de acuerdo con la sencillez o complejidad de su realización.

Tabla 2. Clasificación de los ensayos de laboratorio
(Fuente: Escuela de Ingeniería de Antioquia, Laboratorio de Suelos. Disponible en: <http://www.eia.edu.co> [en línea]. 2006)

Ensayos estándar de laboratorio	Ensayos especiales de laboratorio	Exploración geotécnica y ensayos de campo
■Propiedades físicas de los suelos	■Ensayo de compresión no confinada	■Ensayo de penetración estándar SPT
■Análisis granulométrico por tamizado	■Ensayo de consolidación unidimensional	■Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL)
■Análisis granulométrico por sedimentación (Hidrómetro)	■Ensayo de expansión unidimensional	■Densidad de campo (Cono de área)
■Límites de consistencias	■Ensayo de colapso	■Ensayo de carga directa
■Gravedad específica en suelos	■Compactación Próctor Estándar y Modificado	■Ensayo CBR
■Densidad máxima y mínima		

2.3.2 Pavimentos

Al realizar pruebas y ensayos de Pavimentos, se emplean los equipos necesarios para la caracterización y determinación de la capacidad de soporte de los suelos (subrasante) y agregados pétreos que componen las capas estructurales (base y subbase), en el caso de un Pavimento Flexible.

Además, el desarrollo de pruebas para pavimentos flexibles permiten observar los comportamientos en los asfaltos, determinar su clasificación, caracterización y determinar las propiedades físicas de los mismos; además de desarrollar a partir de los resultados, los diseños y evaluaciones mecánicas y dinámicas de los pavimentos flexibles. De la misma manera se desarrollan

ensayos que permiten evaluar las características de un pavimento rígido, a partir de las propiedades físicas de cada una de las capas de la estructura.

Es importante que se desarrollen pruebas que permitan conocer las características de los agregados que componen una mezcla de concreto para diseños de pavimento rígido. Dentro de los ensayos utilizados en Pavimentos se tienen:

- Ensayos de compactación de suelos
- Ensayos de densidad en el terreno
- Ensayo CBR
- Ensayos sobre productos asfálticos utilizados en pavimentos
- Método marshall para Diseño de mezcla de agregados.
- Determinación del contenido de Bitúmen en mezclas de pavimentación mediante el empleo de centrífuga.

2.4 EQUIPOS E INSUMOS DEL LABORATORIO

Para facilitar la ejecución de las prácticas de Mecánica de Suelos y Pavimentos en el Laboratorio, es necesario el manejo de diversos equipos, herramientas e insumos que garanticen la correcta elaboración de los ensayos. El buen uso de éstos es responsabilidad de los investigadores, estudiantes o grupo de practicantes involucrados en el desarrollo de los ensayos y el correcto manejo facilita el beneficio de todos y evita, incluso, accidentes en el laboratorio.

2.4.1 Equipos

Los equipos que se usan en las prácticas de las áreas de Mecánica de Suelos y Pavimentos son costosos, tal como se puede verificar en una cotización actualizada de cualquier proveedor nacional o internacional. El manejo de los equipos debe ser cuidadoso, debido a que éstos son muy delicados y

cualquier daño por pequeño que sea puede causar errores serios en la ejecución de las prácticas, lo cual repercutirá directamente en la obtención de los resultados.

Dentro de los equipos más usados, se tienen algunos tales como:

- **Balanzas:** La elección de la balanza más adecuada dependerá de la práctica que se vaya a desarrollar. Existen varios tipos con diferentes capacidades y sensibilidades, con triple brazo, de plataforma, eléctrica y de precisión.

Figura 4. Balanzas de Triple brazo

(Fuente: Fuente: Balances & Scales. Disponible en: <http://www.ohaus.com/> [en línea]. 2006.)



- **Hornos:** En los trabajos de Mecánica de Suelos y Pavimentos, es esencial mantener una temperatura de secado entre 105°C y 110°C, ajustando los termostatos por el personal autorizado. Es importante tener en cuenta que las muestras horneadas deben ser removidas del horno máximo 24 horas después de haberlas colocado allí, por el instructor o laboratorista encargado.

Figura 5. Horno de Laboratorio

(Fuente: Escuela de Ingeniería de Antioquia, Laboratorio de Suelos. Disponible en: <http://www.eia.edu.co> [en línea]. 2006)



- Desecadores para vacío en vidrio: Son recipientes que se utilizan para retirar la humedad de los materiales colocados en ellos o para facilitar el enfriamiento sin absorción de humedad.

Figura 6. Disecador de vidrio

(Fuente: Tomado de [http:// www.biotech-sl.com/](http://www.biotech-sl.com/) [en línea]. 2006)



2.4.2 Insumos

Dentro de los insumos encontramos elementos de preparación y almacenamiento de muestras, medición, y para las prácticas de suelos y pavimentos, reactivos y sustancias químicas.

En el grupo de insumos se tienen los siguientes elementos:

- Elementos de vidrio y cristalería: Son los elementos de vidrio que son usados usualmente en el laboratorio, con formas y usos muy variados. Están fabricados especialmente en vidrio para soportar las altas temperaturas; dentro de los cuales se encuentran: Probetas. Pipetas, beakers, erlenmeyer, embudos, tubos de ensayo, frascos volumétricos, entre otros.

Figura 7. Elementos de vidrio y cristalería

(Fuente: Tomado de [http:// www.abclaboratorios.com](http://www.abclaboratorios.com) [en línea]. 2006)



- Elementos de Porcelana: Son elementos de cerámica para uso de los ensayos realizados en el laboratorio, con características específicas como que son de color blanco, de material refractario y se usan para preparar y almacenar muestras. Entre los cuales se tienen: morteros, pistilos, embudos, filtros, cápsulas y crisoles.

Figura 8. Materiales de Porcelana

(Fuente: Tomado de [http:// www.abclaboratorios.com](http://www.abclaboratorios.com) [en línea]. 2006)



- Materiales de Plástico: Son materiales elaborados con resina y polímeros tales como poliestireno, policarbonato, poli-propileno y polietileno de alta densidad y capacidad para los ensayos que se realicen en el laboratorio. Entre ellos, se tienen: gradillas, cubetas, probetas, vasos de precipitado, cajas de petri y embudos.

Figura 9. Materiales de Plástico

(Fuente: Tomado de [http:// www.abclaboratorios.com](http://www.abclaboratorios.com) [en línea]. 2006)



2.4.3 Herramientas

Son implementos que se utilizan en algunos ensayos facilitando algunos procesos utilizados en éstos. Se usan con frecuencia durante la preparación de muestras o la ejecución de ensayos. Los más utilizados son: palas,

brochas, seguetas, cuchillos, elementos abrasivos, espátulas, rodillos, martillos, limas.

Figura 10. Herramientas

(Fuente: Escuela de Ingeniería de Antioquia, Laboratorio de Suelos. Disponible en: <http://www.eia.edu.co> [en línea]. 2006)



2.4.4 Equipos especiales

Un laboratorio de Mecánica de suelos y pavimentos debe estar lo suficientemente capacitado para el desarrollo de las pruebas y ensayos requeridos. Es por esto que es indispensable en uso de equipos especializados para tal desarrollo con el fin de efectuar de buena forma las prácticas; en donde se utilicen equipos para realizar ensayos de rutina y ensayos especiales, ensayos de calidad de agregados, concretos y asfaltos. De igual manera, debe contar con equipos de exploración de campo y equipos para pruebas “in situ”.

Dentro de los equipos principales podemos encontrar:

- Ensayos Estándar
 - Juegos de mallas desde 3” hasta la malla N°200 (0.07mm) para efectuar los análisis granulométricos por tamizado.
 - Equipo para ensayo de sedimentación por hidrómetro.
 - Equipos para la determinación de los límites de consistencia, tales como Copa de Casagrande para el límite líquido, acanaladores, equipo de límite de contracción, etc.

- Equipos diversos para determinación de humedades, pesos unitarios, gravedad específica, etc. tales como vasijas, balanzas, hornos, probetas, etc.
- Equipo diversos para realizar ensayos de compactación, como moldes para Proctor, pisones, prensa C.B.R

➤ Ensayos Especiales

- Equipo hidráulico para compresión simple.
- Equipo de corte directo.
- Equipo de corte directo residual
- Equipo triaxial
- Equipo para ensayo de consolidación unidimensional del tipo múltiple y del tipo con medición de presión con sistema de contrapresión.
- Equipo para determinar el equivalente de arena
- Equipo para determinar la deformación de los pavimentos (Viga Benkelman)
- Equipo para determinar la abrasión de los agregados (Máquinas de Los Ángeles)
- Equipo para determinar la resistencia de los suelos a la Penetración California Bearing Ratio (CBR)
- Equipo de expansión de suelos (Libre y Bajo carga controlada).
- Equipo para lavado asfáltico.

➤ Ensayos “In Situ”

- Equipo de densidad mediante el cono de arena y el marco metálico.
- Equipo de prueba de carga sobre placa
- Equipo de penetración estándar S.P.T.
- Equipo de penetración ligera S.P.L.

- Equipo de corte directo “In Situ”.
- Equipo de rugosímetro

NATURALEZA DE LOS LABORATORIO

"Los laboratorios de ensayo son entidades públicas o privadas, con personalidad jurídica propia, que se constituyen con la finalidad de llevar a cabo la comprobación, solicitada con carácter voluntario, de que los productos cumplen con las normas o especificaciones técnicas que les sean de aplicación"¹¹.

Los Laboratorios Privados, son entidades independientes o que hacen parte de una empresa de carácter privado y solo realiza pruebas y ensayos para la misma entidad para quien fue creado; por otra parte, los Laboratorios Públicos, son entidades que se encargan de servir a la comunidad en general. Dentro de este grupo se pueden considerar las Instituciones académicas y de Investigación, las cuales comparten el mismo concepto de servicio de laboratorio público así sea que haya sido creado por una entidad privada.

Los Laboratorios pueden ser, en cuanto a su propósito o finalidad de servicio, de carácter Investigativo, Docente o de Extensión.

En el caso de un Laboratorio con fines Investigativos, éste se encargará de ejecutar pruebas y ensayos con el objetivo de extraer conclusiones sobre determinadas muestras y sus procesos para mejorarlos o para solucionar problemas; al mismo tiempo que se encargará de evaluar y analizar la conformidad de las muestras respecto a los requisitos normativos.

¹¹ Fuente: Ensayos de Laboratorio, Instituto C.M.C., Consejería de Infraestructura y desarrollo Tecnológico, Mérida, Folleto. 2005.

Un Laboratorio de naturaleza Docente, tendrá como objetivo principal el aprendizaje y la formación del estudiante a partir del método de prueba y error. En un Laboratorio Docente, también se investiga y desarrollan procesos de evaluación de muestras para determinar sus propiedades, características esenciales y conclusiones con base en la observación.

En el caso de un Laboratorio de Extensión, se desarrollan y ejecutan pruebas que sirven para comprobar que los productos industriales, o en este caso, materiales de construcción, cumplen con las normas o especificaciones técnicas que les son de aplicación.

3 SITUACIÓN ACTUAL

Con el fin de desarrollar algunos parámetros asertivos de la situación actual frente al estado de los Laboratorios del Programa de Ingeniería Civil, se hizo necesario definir el papel que deben cumplir las dependencias del programa y determinar en que forma se acoplan con el desarrollo de las actividades académicas de los estudiantes, el trabajo docente y el espíritu investigativo que conforman la esencia de la estructura de la Universidad.

Con esta sensibilización será posible obtener que los componentes práctico experimentales constituyan el verdadero sustento del trabajo académico en el nuevo tipo de Universidad que requiere y necesita el país. Los Laboratorios de Ensayo son dependencias que sirven de soporte para el desarrollo de las habilidades prácticas, la determinación de las características de materiales o productos, la recopilación de información para ampliar los conceptos y despejar las dudas, modelaciones de los resultados obtenidos o desarrollo de informes de laboratorio a partir de los resultados en las pruebas, etc.

Una mirada amplia hacia los laboratorios actuales de la universidad, nos llevan a determinar que en algunos casos, éstos han venido operando por muchos años como dependencias de apoyo docente con poca integración e inclusión en los aspectos de investigación y extensión.

Es por esto que algunas de estas dependencias no tengan vocación investigativa, tengan poca experiencia en los análisis de mediciones y estén muy alejados de los procedimientos necesarios y exigidos para implementar un sistema de calidad y encaminar hacia un proceso de acreditación. La acreditación es un reconocimiento especial para determinados ensayos que se desarrollan dentro del laboratorio y constituye la ratificación de la calidad de los

mismos, a partir del inicio de este proceso, en donde se gestiona y gana importancia el trabajo docente e investigativo.

En la actualidad el programa de Ingeniería Civil cuenta con 5 dependencias de apoyo práctico experimental con instalaciones organizadas, equipos especializados y personal administrativo que las conforman. Algunas de las dependencias de laboratorio no corresponden al programa específicamente, sino que dado la gama de conocimientos que maneja el programa y el desarrollo de las actividades académicas dentro de las aulas de clase, es necesario el uso de estas instalaciones comunes, en algunos casos, para la Facultad de Ingenierías de la Universidad.

Por lo anterior, se hace conveniente realizar una evaluación de algunas dependencias de los Laboratorios con los que cuenta la Facultad de Ingenierías y analizarlas con el fin de desarrollar un diagnóstico que nos lleve a establecer las necesidades existentes y nos ayuden a proponerle al programa de Ingeniería Civil, la implementación de un laboratorio propio que constituya un sistema de soporte práctico experimental sólido, adecuado y eficiente.

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS DEL PROGRAMA

3.1.1 Generalidades

Se consideró conveniente establecer algunas de las dependencias de la Facultad de Ingeniería que se denominan Laboratorios.

Para la ejecución del estado actual de los laboratorios del Programa de Ingeniería Civil, se tomaron como referencia las dependencias ubicadas en el Edificio Aulas 2 de la Universidad, sin importar el programa al cual pertenecen, su carácter ni la base de su creación.

Aquí encontramos 15 laboratorios distribuidos entre el 1er y 2do nivel del edificio Aulas 2. En la tabla 3 se relacionan estas dependencias con sus características físicas de las instalaciones.

Tabla 3. Laboratorios de Ingenierías- Edificio Aulas 2 *

1ER. NIVEL									
Ubicación	Área (m ²)	Ventanas (m ²)	Lámparas	Ventiladores	Aire Acond.	Capac.	Horas Uso	Uso	Nombre Lab.
A2- 002	49.00	7.00	6x2x40	4	Si				Lab. Productividad
A2-003	49.00	7.00	6x2x40	4	Si				Lab. Simulación
A2-004	98.00	7.00	12x2x40	2	Si				Lab. Maquinas Eléctricas
A2-005	49.00	7.00	6x2x40		Si				Lab. Metalografía
A2-006	70.00	7.00	12x2x40		Si				Lab. Hidráulica
A2-008	49.00	7.00	6x2x40		Si				Lab. Resistencia de Materiales
A2-009	130.00	43.00	16x2x40		Si	30	4	44%	Laboratorio Integrado
A2-010	80.00								Lab. De Motores
2DO. NIVEL									
Ubicación	Área (m ²)	Ventanas (m ²)	Lámparas	Ventiladores	Aire Acond.	Capac.	Horas Uso	Uso	Nombre Lab.
A2-102	49.00	23.80	6x2x40		Si	18			Laboratorio Física Mca.
A2-103	49.00	11.90	6x2x40		Si	18			Laboratorio Física Electr.
A2-104	49.00	23.80	6x2x40		Si	30			Laboratorio Electrónica
A2-105	70.00	17.00	9x2x40		Si	20			Laboratorio Electrónica
A2-106	49.00	11.90	20x1x40		Si	15			Laboratorio Electrónica
A2-107	49.00	23.80	20x2x40		Si	15			Laboratorio Control
Laboratorio Teleoperado	76.00				Si				Laboratorio de Electrónico.
Convenciones:			Laboratorios de Ingenierías que hacen parte de las dependencias de Ingeniería Civil						

* Fuente: Suministrado por Ing. Orlando Parada, Laboratorio Integrado. 2006

De la tabla anterior podemos notar que las dependencias poseen áreas cómodas casi todas con 49 m² para el desarrollo de las pruebas de laboratorio, con capacidades que oscilan entre los 15 a 30 estudiantes.

3.1.2 Instalaciones de los Laboratorios

Los Laboratorios del Programa de Ingeniería Civil conforman un grupo de dependencias que, además de hacer parte de su estructura organizacional comparten al mismo tiempo con otras carreras de Ingenierías, el desarrollo de pruebas y ensayos afines; conformándose éstos como un espacio de interacción, conocimiento, investigación y competencia sana entre los estudiantes de la Facultad de Ingeniería.

El Laboratorio de Hidráulica posee un área de 70 m². Éste tiene la capacidad suficiente para albergar a los estudiantes que desarrollen prácticas de Mecánica de Fluidos e Hidráulica, comunes tanto para los estudiantes del programa de Ingeniería Mecánica como para los de Ingeniería Civil.

Así mismo el Laboratorio de Resistencia de Materiales, con un área de 49 m², también se constituye como una dependencia común para el desarrollo de pruebas y ensayo de materiales para ambos programas mencionados anteriormente.

En el Laboratorio Integrado de Ingenierías, con un área de 130 m², se desarrollan las pruebas y ensayos de Hormigón, Aguas y Química, siendo éste otro de los laboratorios que hacen parte del programa de Ingeniería Civil y que además comparte sus instalaciones con el programa de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Química.

La puesta en marcha del Laboratorio Integrado contribuyó al inicio de una de las instalaciones propias del Programa de Ingeniería Civil, en las que el estudiante ejecuta las prácticas en unas instalaciones modernas y equipadas;

gracias a la inversión de la Universidad Tecnológica y las donaciones especiales de equipos por parte de empresas reconocidas de la ciudad.

Figura 11. Instalaciones del Laboratorio Integrado de Ingenierías



3.1.3 Equipos del Laboratorio Integrado

Tabla 4. Equipos del Laboratorio Integrado
(Fuente: Ing. Orlando Parada, Coordinador del Laboratorio Integrado)

EQUIPOS/ MATERIAL	
✓	Un floculador con 4 puestos
✓	Un sistema de cubeta para baño de Maria con temporizador y agitación.
✓	Dos balanzas electrónicas una de alta precisión.
✓	Un Peachimetro portátil Hanna
✓	Un Colorímetro Aqua-color. (Faltan los discos)
✓	Dos agitadores magnéticos.
✓	Un destilado de agua
✓	Un Computador para Simulación de proceso
✓	Indumentaria de vidrio
✓	Reactivos esenciales

3.1.4 Población Estudiantil

El proceso de analizar actividades de ensayo es necesario para el aprendizaje de todo estudiante. La adquisición del conocimiento a partir del concepto de prueba y error, constituyen la base para el desarrollo investigativo del

estudiante que a partir del ejercicio propio y el contacto con los equipos, materiales, actividades, análisis, exploración, ayudan a la ejecución de informes finales con base en los resultados obtenidos.

En la actualidad, el desarrollo de los ensayos del programa de Ingeniería Civil constituye una herramienta fundamental y necesaria para su proceso. El uso de los laboratorios de Física Mecánica y Eléctrica se desarrolla en conjunto con los estudiantes de otros programas de la facultad de Ingenierías, igualmente para el desarrollo de los ensayos en los laboratorios de Resistencia de Materiales, Hidráulica y el uso del Laboratorio Integrado para evaluar los parámetros de investigación en las áreas de Hormigón o Aguas.

Las pruebas de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos continúan desarrollándose fuera del campus universitario, de manera similar como se describió en los antecedentes.

La población estudiantil ha crecido en el programa de tal manera que no es una cantidad mínima la requiera éste servicio, sino que ya es necesaria una dependencia que convoque a los estudiantes a desarrollar las prácticas de Suelos y Pavimentos sin necesidad de salir de la Universidad.

3.1.5 Alianzas y Convenios

Dentro del marco de caracterización realizado a los laboratorios se notó la presencia de alianzas y convenios dentro y fuera del Programa de Ingeniería Civil.

Se observa que las alianzas se encuentran establecidas entre laboratorios de la misma Facultad, aunque en algunos casos no se presenta.

Dentro de las alianzas y convenios externos, se establecen con universidades regionales y empresas privadas locales dedicadas al desarrollo de pruebas y ensayos.

3.1.6 Medios de Divulgación

En la actualidad, el único mecanismo de divulgación con el que cuenta la mayoría de los laboratorios de la Facultad es a través de los servicios que ofrece la universidad a sus estudiantes en los programas académicos. Algunos se presentan como Catálogo de Servicios de Laboratorio de la Universidad mediante el Centro de Servicios de Ingeniería (OSI) por la página Web Institucional.

3.1.7 Sistemas de Calidad y Acreditaciones

En la actualidad, es pertinente que se ejecuten todos los procesos de laboratorio con base en unas normativas aplicadas respectivamente a cada ensayo. Es importante que se determine la calidad en los resultados obtenidos, aportando de esta manera un alto grado de credibilidad en los clientes, ya sean estudiantes o externos, para el desarrollo de las pruebas de laboratorio.

La Facultad de Ingeniería, y por consiguiente el Programa de Ingeniería Civil, no posee Laboratorios con reconocimientos de Acreditación; aunque la facultad cuente con programas con acreditación de Alta Calidad como Ingeniería Mecánica, Ingeniería de Sistema y Tecnología en Sistemas*.

3.1.8 Naturaleza de los Laboratorios del Programa

En la actualidad, los Laboratorios del Programa de Ingeniería Civil son utilizados con fines Docentes. Su propósito es el de realizar ensayos y pruebas paralelas con el desarrollo de las diferentes asignaturas para los estudiantes de

* Fuente: Página Web Universidad Tecnológica de Bolívar. www.unitecnológica.edu.co [en línea]. 2006.

la Institución. No se encontraron laboratorios del Programa de Ingeniería Civil con fines específicos de Investigación o de Extensión.

3.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Para el desarrollo del Análisis de la Situación Actual de los laboratorios del Programa de Ingeniería Civil de la Universidad, fueron necesarios cada uno de los parámetros descritos anteriormente. La efectividad en los servicios de las dependencias del programa nos lleva a plantear sugerencias y recomendaciones al programa con el fin de lograr implementar un mejor servicio a los estudiantes a través del desarrollo de las buenas prácticas de laboratorio.

Para lo anterior se desarrollaron varias recomendaciones y sugerencias a cada uno de los requerimientos encontrados en la descripción de la situación actual de los laboratorios del programa de ingeniería civil.

Sugerencias para Alianzas y Convenios:

Se sugiere a los laboratorios establecer alianzas entre facultades con el fin de desarrollar actividades o jornadas de interacción entre los estudiantes para incentivar el espíritu investigativo, competitivo y de liderazgo. Por ejemplo un estudiante de Ingeniería Civil que interactúe en un laboratorio de seguridad industrial del programa de Ingeniería Industrial, seguramente tendrá en cuenta tales controles de seguridad en los sitios de obras de construcción.

Esto además, constituye el inicio de una alianza sana entre dependencias, desarrolla las habilidades de los estudiantes, agiliza el desarrollo de las pruebas y ensayos, aumenta las relaciones entre los estudiantes de diferentes programas académicos, ayuda a las observaciones de los

estudiantes para las evaluaciones de los docentes, inicia el desarrollo de charlas, talleres, exposiciones, etc., entre los laboratorios ya sea dirigida por estudiantes o docentes, aumenta los niveles de investigación, etc., y en general, ayudarían a conformar un departamento de Laboratorios bien desarrollado y constituido dentro de la estructura organizacional de la Universidad.

Sugerencia para las estrategias de Divulgación:

Con base en los resultados presentados, se sugiere a los Laboratorios del Programa estrategias de divulgación interna y externa de las distintas actividades académicas que desarrollan, con el propósito de socializar los laboratorios y de esta forma poder conformar alianzas estratégicas y convenios al interior y por fuera de la Universidad.

3.2.1 Conclusiones del Análisis

La propuesta para implementar el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos se origina a partir de la falta del servicio y el espacio apropiado para la ejecución de pruebas y ensayos sin la necesidad de buscar por fuera del campus universitario. Esta carencia para los estudiantes del programa de Ingeniería Civil nos convoca a proponerle a la Universidad Tecnológica de Bolívar un proyecto de implementación de un Laboratorio, en donde se demuestre la necesidad de una instalación amplia, bien dotada y con áreas específicas para el desarrollo de los ensayos correspondientes a Suelos y Pavimentos; con proyección a visualizarse dentro del campus universitario y con una ubicación que satisfaga las necesidades pertinentes.

Para ello es necesario una dependencia con fines Docentes, en donde se promueva la investigación y el desarrollo de actividades que proporcionen una herramienta básica para los estudiantes del programa, a partir de la interacción con los ensayos y pruebas que amplíen el entendimiento del estudiante y

faciliten la comprensión de los contenidos de las asignaturas por parte de los docente.

Será necesario realizar una descripción general del proyecto, en donde se presente detalladamente las zonas aledañas al mismo, zonas de laboratorio y ubicación con lo que se determinarán cada uno de los parámetros que se deberán tener en cuenta para la elaboración de un proyecto.

Además de las generalidades, será pertinente que se presenten los Diseños del Laboratorio elaborados a partir de las necesidades, en donde se puedan colocar los equipos y accesorios para la ejecución de las pruebas que se proponga desarrollar; dotada de amplias zonas organizadas y estructuradas que permitan realizar las actividades e inciten al desarrollo de investigaciones, se maneje y controle el medio ambiente y se realice una buena disposición de los sólidos del laboratorio.

Para la implementación del Laboratorio, será necesario que se muestren los costos y mantenimiento de las instalaciones. Para ello será fundamental que se presenten los presupuestos y Costos de Inversión necesarios para tal ejecución y se demuestre la relación Costo- Beneficio del proyecto en donde se demuestre su viabilidad.

Será necesario presentar los parámetros de investigación y pruebas básicas que regirán los lineamientos establecidos para el laboratorio, a partir de las necesidades básicas actuales y los ensayos primordiales para el entendimiento de las asignaturas. Además del desarrollo de las guías de laboratorio, las cuales serán las encargadas de constituir la estructuración de los procesos requeridos para el desarrollo de las pruebas a partir de las normativas nacional e internacionalmente establecidas.

De acuerdo con los resultados del análisis de no poseer sistemas de calidad para los laboratorios de la Facultad de Ingenierías, se deberá presentar una guía metodológica para la implementación de un sistema de calidad para el laboratorio en donde se presenten las ventajas y desventajas, se analice el estado del laboratorio y se definan las funciones del personal y los procesos de calidad conforme con la normativa vigente para este requerimiento, que ayuden a encausar el inicio y desarrollo de las actividades y que conlleven a un reconocimiento de acreditación nacional.

Para el desarrollo de estas actividades, se infiere la necesidad de realizar un procedimiento de investigación con base en los requerimientos internos y se desarrollen a partir de las debilidades y necesidades externas.

4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La Universidad Tecnológica de Bolívar está bien dotada de un espacio amplio que proporciona un ambiente favorable para el desarrollo de las actividades académicas. Esta gran extensión dispone de estructuras muy bien organizadas y equipadas, en donde se encuentran debidamente ubicadas las aulas de clases, cafeterías, biblioteca, auditorio, bienestar universitario, campos deportivos, parqueaderos, etc.; que se confunden en un medio ornamentado con árboles, naturaleza, clima, entorno y paisajes que hacen del lugar un ambiente adecuado para plantear una posible ubicación del proyecto en mención, dentro de éste marco, sin que el entorno se vea perjudicado.

4.1. EVALUACIÓN Y ESCOGENCIA DEL SITIO DEL PROYECTO

Para el desarrollo de la Propuesta para implementar el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos, se llevaron a cabo una serie de investigaciones que finalmente condujeron a la escogencia apropiada del sitio donde se quiere y se propone el desarrollo este proyecto.

Para iniciar con esta investigación, se recurrió a la orientación del Arquitecto Ariel Pérez, el cual hace parte del grupo de profesionales que se encargan de planificar y ejecutar el desarrollo de la infraestructura de la Institución. De esta manera surgió el interrogante: ¿Cuál deberá ser el sitio más apropiado para la implementación de un laboratorio de suelos y pavimentos, sin que perturbe el entorno existente?

Para este interrogante, se establecieron 2 propuestas que se fueron evaluando en la medida que se encontraron acorde o no con las exigencias de valoración para la ejecución de los ensayos de los estudiantes.

Para la evaluación de las propuestas, se tuvieron en cuenta varios requerimientos de selección:

- 1) Será necesario un espacio libre en donde se desarrollen pruebas de Mecánica de Suelos y Pavimentos, en las cuales se producen constante ruido.
- 2) Será necesario gozar de un espacio amplio y despejado en donde se puedan ejecutar las pruebas en un sitio bien repartido.
- 3) Se necesitará un espacio en donde se puedan ejecutar pruebas de trabajo pesado, diferente de las pruebas básicas.
- 4) Será necesario una zona de desechos de muestras ya evaluadas.
- 5) Será necesario una locación bien dotada de corriente eléctrica y reguladores de voltaje, para la conexión de los equipos.
- 6) Será necesaria una zona de fácil acceso para los usuarios, en donde se presenten rutas que permitan llevar y traer las muestras sin que éstas sufran perturbaciones que puedan generar deterioros en éstas.
- 7) Será necesario proponer una zona que no se encuentre enmarcada dentro de los Proyectos de crecimiento de la Universidad, debido a que dicho espacio será utilizado por la Institución para futuras edificaciones o estructuras.

Lo anterior llevó a evaluar cada una de las alternativas de selección de la propuesta mas adecuada con un puntaje en un rango de 1 a 5, ubicando la más baja calificación como inapropiado y la más alta como apropiado, y de esta forma se definiría cual de las dos propuestas sería la mas acertada.

4.1.1. Evaluación de la Propuesta 1 y Criterios de Evaluación

Tabla 5. Evaluación Propuesta1

Propuesta 1	
Descripción: Junto a la Zona de Vivero y Mantenimiento de la Universidad, cerca al Edificio de Bienestar Universitario y Canchas Deportivas.	
REQUERIMIENTO	RANGO DE EVALUACIÓN

No.	1	2	3	4	5
1)			3		
2)				4	
3)				4	
4)					5
5)			3		
6)	1				
7)	1				
	2	0	6	8	5
TOTAL PUNTAJE = 21					

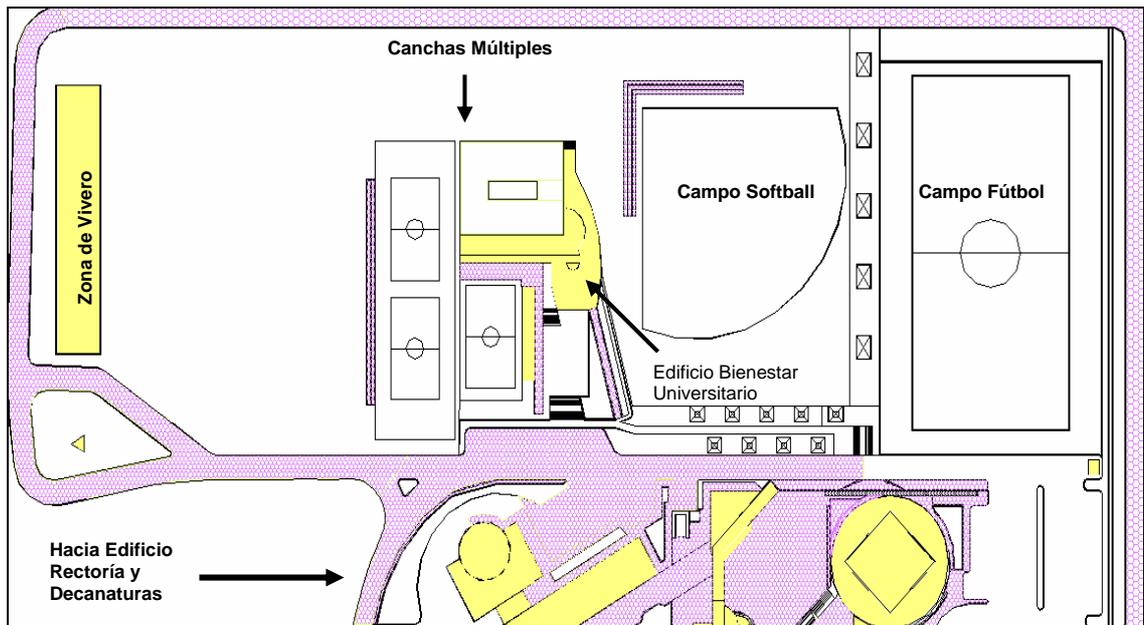
La propuesta que se planteó inicialmente junto con la asesoría del Arquitecto Ariel Pérez era colocar el Laboratorio en una zona apropiada de acuerdo con los requerimientos mencionados anteriormente. La zona en mención parecía ser la mas adecuada, ubicada junto a la zona de Vivero y Mantenimiento cerca al Edificio de Bienestar Universitario.

De esta manera se pensó que podría ser la mejor elección porque cumplía con muchos de los requerimientos planteados; aunque uno de los inconvenientes era que las vías de acceso estaban demasiado deterioradas, imposibilitando el paso a los usuarios de laboratorio y el entorno en el que éste se encontraría no sería el mas adecuado porque se provocaría una contaminación sonora en una zona de esparcimiento y relajación para los estudiantes.

Otro inconveniente para la propuesta 1 se presentó debido a las investigaciones que se realizaron acerca de los planes de crecimiento de la Institución, los cuales proponen una ampliación de sus instalaciones a mediano y largo plazo, enmarcados dentro de los Planes de Desarrollo de la Tecnológica. De esta manera, se analizó la existencia de planos y maquetas en donde se presenta claramente que la extensión de la Universidad está encaminada hacia la zona de Bienestar Universitario y canchas deportivas (Figura 12), para las cuales se piensa ejecutar un macro-proyecto de

ampliación y adecuación del campus universitario para el esparcimiento de los estudiantes.

Figura 12. Zona de ejecución del Proyecto de adecuación y ampliación del Campus Universitario- Edificio de Bienestar Universitario



4.1.2. Evaluación de la Propuesta 2 y Criterios de Evaluación

Tabla 6. Evaluación Propuesta2- Escogencia del sitio del Proyecto

Propuesta 2						
Descripción: Posterior a la zona de mantenimiento y planta eléctrica, cerca de la zona de Laboratorios y Talleres de Ingeniería de la Universidad.						
REQUERIMIENTO		RANGO DE EVALUACIÓN				
No.		1	2	3	4	5
1)					4	
2)					4	
3)					4	
4)				3		
5)					4	
6)						5
7)						5

	0	0	3	16	10
TOTAL PUNTAJE = 29					

Las segunda sugerencia del Arquitecto Ariel Pérez era colocar el Laboratorio en una zona que no deteriorara el entorno, sino que por el contrario estaría acorde con éste ya que nos encontrábamos en la zona de Laboratorios de Ingeniería- Primer Nivel- Aulas 2 de la Universidad; un ambiente propicio para el desarrollo de los ensayos de laboratorio tanto para los estudiantes del programa como para docentes, investigadores, usuarios y demás estudiantes de la Institución.

Esta propuesta cumplía con muchas de las exigencias planteadas: una zona amplia para el desarrollo de las pruebas, un lugar en donde se pueden ejecutar ensayos de trabajo pesado y pruebas básicas, es una zona con vías de acceso en buen estado y zonas de parqueaderos señalizados y además no se encuentra enmarcada dentro de los planes futuros de inversión y crecimiento del campus universitario; aunque se haya encontrado que no posee un área tan extensa para la recolección de muestras, será necesario proponer sugerencias para el manejo de los sólidos de desecho del Laboratorio.

4.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA CONTIGUA A LA ZONA DEL PROYECTO

4.2.1. Edificio Aulas 2

- Segundo Nivel:

El Edificio Aulas 2, una estructura de 6 niveles, se encuentra ubicado al sureste del Auditorio y del Edificio de Servicios Administrativos de la universidad*. Este espacio cuenta con una zona de circulación, zona de jardines y zona de papelería y fotocopiado; las cuales constituyen el segundo nivel del Edificio A2, en su zona de acceso (Figura 13a).

* Esta ubicación corresponde al campus de Ternera de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

En el segundo nivel del Edificio, se encuentra una zona de Laboratorios, conformada por los Laboratorios de Electrónica* y el Laboratorio de Control; en donde se desarrollan prácticas de las respectivas áreas de los programas de Ingeniería Electrónica, Eléctrica y Mecatrónica (Figura 6a y 6b), y los laboratorios de Ciencias Básicas, donde se realizan prácticas referentes a las áreas de Física Mecánica y Física Eléctrica (Figura 6c). Éste nivel cuenta además con una amplia zona común para la socialización de los estudiantes de cualquier laboratorio y en general.

Figura 13a. Zona de Acceso- Edificio Aulas 2



* Los laboratorios de Electrónica son 3 aulas bien dotadas con equipos y herramientas necesarias para el desarrollo de los ensayos en los programas de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Mecatrónica.

Figura 13b. Zona de Laboratorios Electrónica- Segundo Nivel Edificio Aulas 2



Figura 13c. Zona de Laboratorios Electrónica, Eléctrica y Mecatrónica- Zona Social Laboratorios. Segundo Nivel Edificio Aulas 2



Figura 13d. Zona de Laboratorios Ciencias Básicas- Segundo Nivel Edificio Aulas 2.



- Primer Nivel:

Este nivel cuenta, igualmente, con una zona de Laboratorios de diferentes programas, en donde los estudiantes intercambian experiencias y se relacionan sin necesidad de pertenecer al mismo programa o cursar igual semestre académico.

El 1er nivel del Edificio Aulas 2 posee un área de circulación de 232.27 m² aproximadamente, con zonas ornamentadas y pasillos amplios para el acceso a los diferentes laboratorios que corresponde a cada programa respectivamente (Tabla 7).

Estas áreas están muy bien repartidas, acordes con la capacidad suficiente para albergar a los estudiantes, equipos y maquinarias que se

encuentran en los diferentes laboratorios, necesarias para los investigadores en la realización sus prácticas (Figura 14)*.

Tabla 7. Relación del Laboratorio y el Programa Académico al cual pertenece- Primer nivel Edificio Aulas 2

Programa Académico	Nombre Laboratorio
Ingeniería Industrial	Laboratorio de Salud Ocupacional
	Laboratorio de Productividad
	Laboratorio de Simulación de Procesos.
Ingeniería Eléctrica	Laboratorio de Máquinas Eléctricas 1
	Laboratorio de Máquinas Eléctricas 2
Ingeniería Mecánica	Laboratorio de Metalografía
	Laboratorio de Motores
	Laboratorio de Resistencia de Materiales [♦]
	Laboratorio de Fluidos Térmicos e Hidráulica [®] .
Ingeniería Civil	Laboratorio Integrado de Ciencias [*] .
Ingeniería Ambiental	

Una buena adecuación del espacio, con zonas de jardín para no perder la armonía con el entorno que tiene la universidad en general, nos ayudaría un poco al momento de realizar la ubicación de nuestro proyecto (Figura 15a).

* Planos suministrados por la Oficina de Servicios de Ingeniería, OSI.

♦ El Laboratorio de Resistencia de Materiales es común para el Programa de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica y Civil; y es una asignatura de electiva para los demás programas de Ingeniería.

® El Laboratorio de Hidráulica es común para el desarrollo de ensayos de los programas de Ingeniería Mecánica y de Ingeniería Civil.

* En el Laboratorio Integrado de Ciencias se desarrollan pruebas en las áreas de Hormigón, Aguas y Química.

Figura 14. Planta de la Zona de Laboratorios- Primer nivel Edificio Aulas 2 (Ver Planos Anexos)

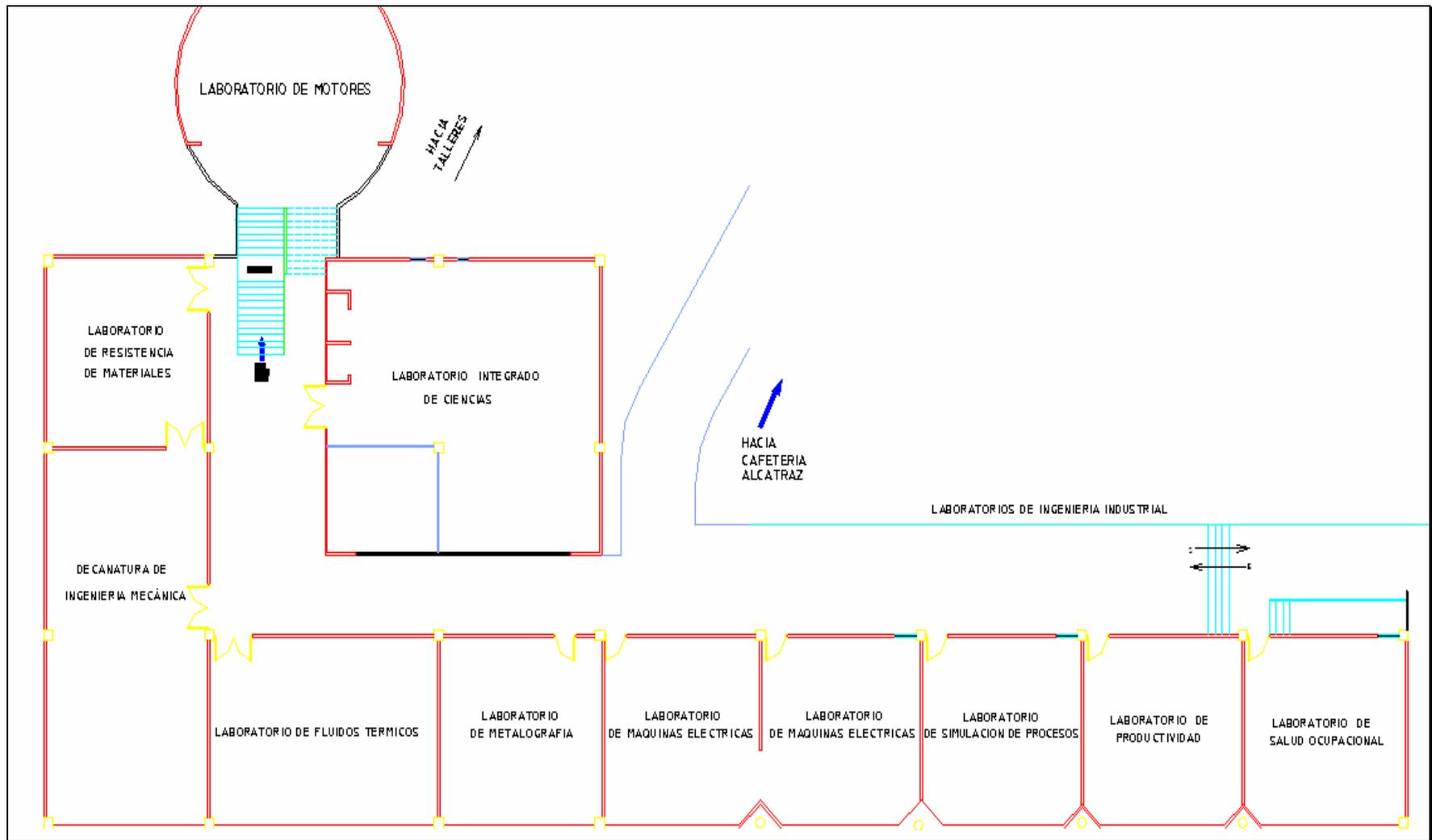


Figura 15a. Acceso a la Zona de Laboratorios- Primer Nivel Edificio Aulas 2



Los pasillos de esta zona están provistos de mobiliarios tales como bancas para los estudiantes, canecas de basura y avisos preventivos de seguridad industrial con rutas de evacuación claramente demarcadas (Figura 15b y 15c).

Figura 15b. Vista Frontal de los Laboratorios de Ingeniería Industrial



Figura 15c. Área de circulación y acceso a los Laboratorios de Ingeniería



4.2.2. Zona de Mantenimiento y Servicios Generales

Es una zona que está constituida por diferentes áreas de labores del personal de la Universidad, que corresponden al Almacén, Planta Eléctrica y Subestación, Bodega de Suministros y Oficina de Servicios Generales (Figura 16).

Esta zona corresponde al área de mantenimiento de la universidad. Está ubicada en la parte posterior de la Cafetería Alcatraz, contigua a la Zona de Laboratorios de Ingenierías- Primer Nivel del Edificio Aulas 2 (Figura 17).

Una de las características principales de esta zona en la Universidad, es la amplitud que posee y la extensión de ésta, con capacidad de colindar al inicio, con los Laboratorios de Ingenierías del Edificio Aulas 2 cerca a los talleres, y finalizando con la Bodega de Suministros, que se ubica aledaña a la Biblioteca de la Universidad (Figura 18a y 18b).

Figura 16. Planta de la Zona de Mantenimiento y Servicios Generales

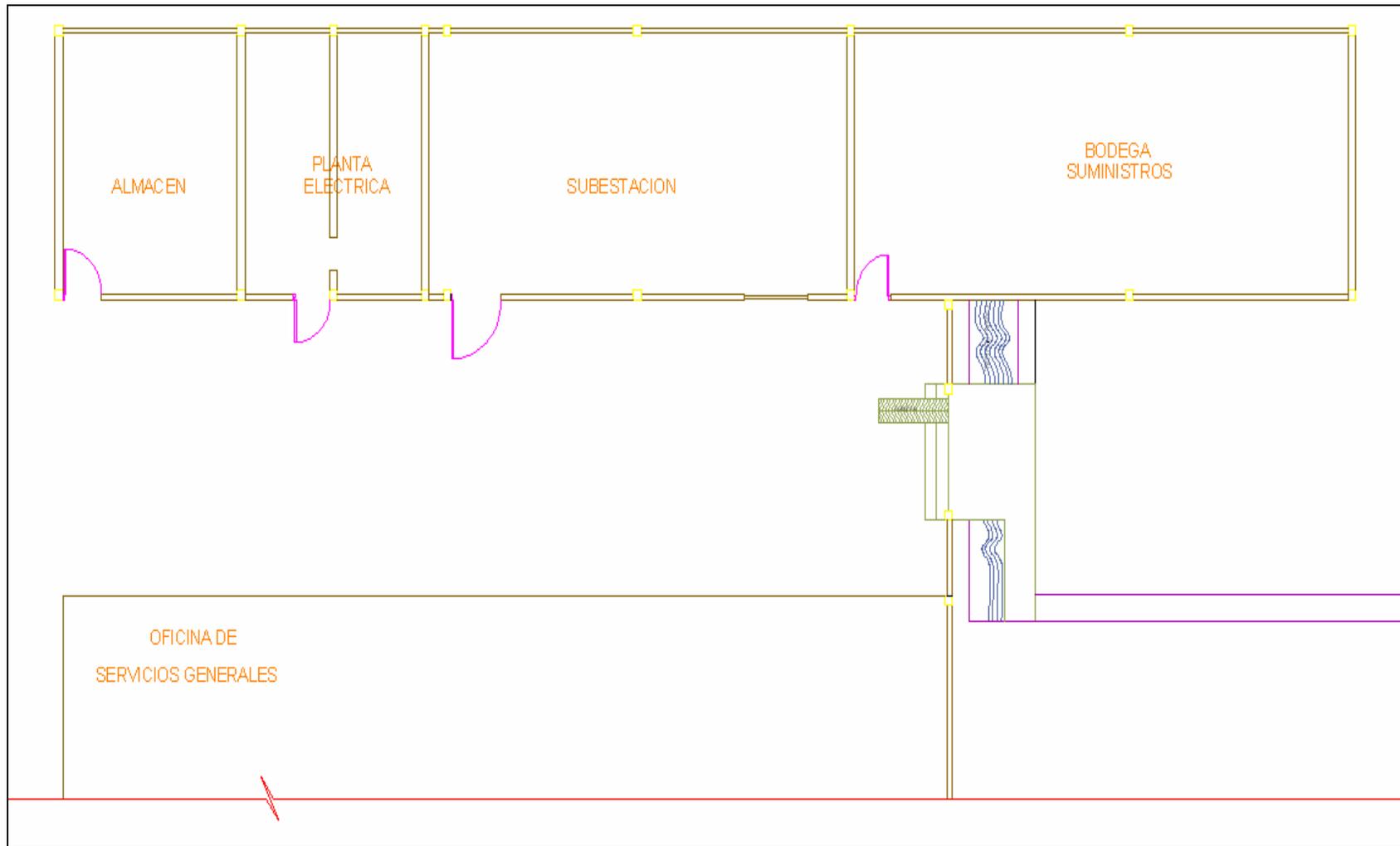


Figura 17. Zona de Mantenimiento y Servicios Generales



En este punto, en donde colindan varias zonas de la Universidad, se encuentran además, espacios que dan lugar a bohíos y kioscos para el esparcimiento de los estudiantes; que se incluyen además en un medio diferente donde interactúan a diario con la naturaleza, además de estar rodeados de amplias zonas verdes con frondosos árboles que ofrecen un sitio de esparcimiento y relajación para los estudiantes, estando aún en predios universitarios.

Lo más importante de este espacio, es la proximidad que posee con el lugar de ubicación del proyecto del Laboratorio de Suelos y Pavimentos, porque precisamente éste se propondrá ubicar en la parte posterior a la zona de Mantenimiento y Servicios Generales.

Figura 18a. Descripción de los alrededores que limitan con la Zona de Mantenimiento



Figura 18b. Descripción de los alrededores que limitan con la Zona del Proyecto



4.3. ZONA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO

4.3.1. Descripción

El sitio para la localización del proyecto de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos del Programa de Ingeniería Civil, se encuentra ubicado posterior a la zona de mantenimiento y servicios generales. Colinda además con la Biblioteca Luís Enrique Borja Barón y Parqueaderos de ésta zona.

La zona está conformada por un área amplia de aproximadamente 218.24 m², que constituyen el espacio necesario para el desarrollo del proyecto del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos.

4.3.2. Características del Sitio

De acuerdo con lo resaltado en los numerales anteriores en donde se especifica claramente la zona aledaña al proyecto, es necesario evaluar las características que posee el sitio y además contribuyeron a la escogencia del espacio para desarrollar el Proyecto del Laboratorio.

Esta zona tiene proximidades con la Biblioteca, la zona de mantenimiento y servicios generales, parqueaderos, zonas de distracción para los estudiantes en general y amplias zonas verdes. Una de las características que identifica este espacio, principalmente es la cercanía que posee con la zona de Laboratorios de Ingenierías y Talleres en la Universidad; donde se desarrollan las prácticas y ensayos para cada programa y propician el espacio adecuado para la interacción de los estudiantes en la Zona de Laboratorios de Ingenierías, primer nivel.

Esta zona de Laboratorios está ampliamente dotada de espacio para que el estudiante de la Universidad Tecnológica de Bolívar desarrolle sus prácticas de Laboratorio. Lo importante es que el Proyecto de Laboratorio de Suelos y Pavimentos, hará parte de este medio en donde interactúen estudiantes,

docentes e investigadores del Programa de Ingeniería Civil y además, los que no pertenezcan a éste.

4.3.3. Proyección y Crecimiento de la Infraestructura Universitaria vs. Ubicación del Proyecto

La Universidad Tecnológica de Bolívar, con el propósito de aumentar los niveles de calidad en la prestación de los servicios a los estudiantes y crear un ambiente apropiado para la realización de sus labores académicas, tiene proyectado el crecimiento y mejoramiento de las Instalaciones con miras a deferentes proyectos que incluyen construcciones y ampliación en su Infraestructura Académica.

Con el inicio del programa de Ingeniería Civil, en el año 2001, se empezaron a desarrollar cada uno de los proyectos que conformarían al programa como tal. El Laboratorio Integrado de Ingenierías, es una prueba tangible de la evolución del Programa. Con la creación de este espacio, no solo los estudiantes del programa de Ingeniería Civil sino los de Ingeniería Ambiental y Química, forman parte de la ejecución de las pruebas y ensayos correspondientes en las asignaturas que le competen a cada programa en particular. En este laboratorio se desarrollan las pruebas para las áreas de Hormigón, Aguas y Química.

La ubicación del Proyecto del Laboratorio está estrechamente ligada, entre otros factores que se evaluaron anteriormente, con la proyección y crecimiento de la infraestructura de la Universidad y por consiguiente el inicio del programa de ingeniería civil para el desarrollo de las actividades académicas del estudiantado correspondiente.

5 DISEÑO DEL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

5.1 GENERALIDADES

Para el desarrollo de las pruebas y ensayos de modo eficaz y seguro, es necesario desarrollar un diseño de modo tal que las instalaciones permitan estos procedimientos.

Para llevar a cabo el diseño y distribución de los espacios se tuvo en cuenta la operatividad, las buenas practicas de laboratorio y siempre ajustado a las necesidades de los estudiantes del Programa de Ingeniería Civil de la Universidad.

5.2 INSTALACIONES DEL LABORATORIO

5.2.1 Consideraciones Generales

La disposición del laboratorio debe diseñarse con criterios de eficiencia. Un ejemplo particular de lo anteriormente mencionado, puede ser la distancia que deba recorrer el estudiante, laboratorista, docente o personal en general para llevar a cabo las distintas fases de los procesos de ensayos, la cual deberá ser lo más corta posible.

La decisión de construir un nuevo laboratorio, con frecuencia transcurre en un periodo de cinco años desde que se toma en principio la decisión hasta que entra en funcionamiento. Es importante que se tenga en cuenta que no se requerirán modificaciones significativas durante los próximos diez años. Para lo anterior, es necesario prever las necesidades de espacio y las condiciones para un determinado análisis.

Para la realización del Diseño del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos, existen argumentos que están relacionados con actividades *genéricas y especializadas*. Las actividades genéricas, son actividades que están definidas por dos operaciones: “por vía húmeda”, para las cuales es necesario disponer de bancos fijos dotados de puntos hidráulicos, sanitarios, eléctricos, campanas de humo, estanterías para los reactivos y espacio suficiente para el almacenamiento del instrumental de vidrio; y las “salas de instrumentos”, en donde se necesitan menos servicios que en el anterior.

Para el Laboratorio de Suelos y Pavimentos, serán necesarias salas especializadas para el trabajo que requiere “aire limpio” o espacio suficiente para el desarrollo de las actividades que tienen que ver con diseños de mezclas, manipulación de aditivos o materiales contaminantes y el área que se requiera para desarrollar ensayos en donde se produzcan altos sonidos, producto de los constantes impactos y golpes en las pruebas que lo requieran (Proctor, CBR, Prueba de compresión del concreto, etc.), que pueden estar relacionados con contaminantes ambientales (contaminación sonora, por ejemplo).

Una sala especializada para realizar operaciones en gran escala o actividades de preparación de muestras en las que se desprende polvo, como por ejemplo mezcla o agitación, para el desarrollo de la mayoría de los ensayos propuestos en este trabajo.

Además de las áreas descritas anteriormente, se diseñó un Área administrativa amplia para el director del Laboratorio y el laboratorista.

Para mejor observación de la distribución de las áreas descritas anteriormente, Ver planos anexos al final del trabajo.

5.2.2 Distribución de Áreas del Laboratorio

Tabla 8. Distribución de Áreas del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

Nombre	Descripción del Área	Área (m ²)	Perímetro (m)	Listado de equipos por Área	
				Mecánico	Eléctrico
Área o Zona de Investigación	Zona dedica a la investigación, dotada con equipos de cómputo para el desarrollo y modelación de fenómenos físicos en las áreas de suelo y pavimentos.	10,57	13,04		Computadores de alta tecnología (Con procesadores de alta capacidad con las características suficientes para el desarrollo de modelos matemáticos)
Área o Zona Administrativa	En esta zona se encontraran el Jefe o Director del Laboratorio y su laboratorista.	12,25	14		Computadores con suficiente memoria para el almacenamiento de datos y resultados.
Área o Zona de trabajo para Pavimentos	Zona de análisis y ensayo para el área de pavimentos, en esta área se llevarán a cabo los ensayos para evaluar los materiales empleados en la elaboración de pavimentos Rígidos y flexibles.	48,97	29,87	Prensa CBR	Hornos de Secado
				Serie de Tamices	Estufas Eléctricas para el calentamiento de Muestras
				Equipo de equivalente de Arena	Prensa Marshall
				Termómetros para Asfalto	
Área o Zona de Trabajo para Mecánica de suelos	Zona de análisis y ensayo para el área de Mecánica de suelos, en esta área se llevarán a cabo los	48,97	29,87	Serie de Tamices	Horno secado de
				Cazuela de casa Grande para limites de Atterberg	Balanzas
				Prensa CBR	

	ensayos para evaluar las principales características y propiedades de los suelos (Granulares y Arcillosos)			Equipo de Corte Directo	
				Equipo de Consolidación	
Área o Zona para Trabajo pesado	Esta área será destinada para la ejecución de labores de compactación, rotura de cilindros y mezclado de concreto	79,35	35,82	Mezcladora de Concreto	Prensa Hidráulica para ensayo de compresión
					Maquina de los Ángeles
TOTAL ÁREA LABORATORIO Y OFICINAS: 187.86 m²					

5.2.3 Descripción Arquitectónica y Estructural del Proyecto

La planta física propuesta, contempla la construcción de 3 zonas definidas para el análisis, investigación y trabajo pesado dentro de una bodega con un solo nivel.

Como sistema estructural se ha propuesto la construcción de un sistema aporricado (Vigas y Columnas), las cuales recibirán las cargas transmitidas por la Cubierta. Esta última se ha planteado construirla con Canaleta 90 Galvanizada, apoyada sobre una estructura metálica como soporte. Dentro de la misma área se encontrará la zona administrativa para el Director del Laboratorio y Laboratorista.

Figura 19a. Fachada Principal- Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (Ver Anexos)



corriente sea controlada mediante un sistema que regule las posibles variaciones que se puedan presentar.

5.4 DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL LABORATORIO

5.4.1 Disposiciones Generales

Las pruebas de laboratorio generadoras de residuos, depende del material utilizado, serán perjudiciales en la medida en que más se utilice material y en la cantidad en que se mezclen sustancias perjudicialmente tóxicas para el medio o de manejo cuidadoso para el personal que allí opere. Se deberá controlar el impacto teniendo en cuenta además, los requerimientos de los planes ambientales que se lleven acabo en la Universidad Tecnológica de Bolívar.

5.4.2 Clasificación de los residuos de los ensayos de laboratorio

Los residuos de las pruebas que se realicen en el laboratorio de suelos y pavimentos estarán constituidos principalmente por un conjunto de fragmentos o restos de materiales producto de excavaciones, demoliciones, desmantelamiento, tales como tierra, concreto, morteros, arcillas, agregados, etc., (Ensayos tales como Cono y Arena, Compresión del Concreto, Proctor, etc.) que aumentan o disminuyen su cantidad dependiendo del ensayo que se esté desarrollando.

Para aprovechar la utilización de estos materiales residuos de los ensayos realizados, se deben clasificar de acuerdo al material utilizado como se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla 9. Clasificación de los posibles residuos generados en las pruebas de Laboratorio

A. RESIDUOS POTENCIALMENTE RECICLABLES PARA LA OBTENCIÓN DE AGREGADOS Y MATERIAL DE RELLENO
1. Prefabricados de Concreto o Mortero (blocks, adoquines, etc.)
2. Concreto Simple (Cilindros, vigas de concreto)
3. Concreto Armado
4. Concretos Asfálticos
5. Productos de mampostería
6. Morteros
B. RESIDUOS DE SUELOS O EXCAVACIONES
1. Suelo Orgánico
2. Materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales contenidos en los suelos no contaminados.
3. Otros materiales minerales no contaminados y no peligrosos contenidos en el suelo.
C. RESIDUOS DE AGREGADOS
1. Agregados Finos (Arenas: finas y gruesas)
2. Agregados Gruesos (Gravas: canto rodado, calizas, etc.)
D. OTROS RESIDUOS SÓLIDOS
1. Cartón
2. Madera
3. Metales
4. Papel
5. Plástico
6. Vidrio
7. Otros

5.4.3 Recomendaciones para el manejo de los residuos sólidos generados en el laboratorio

Para la buena disposición de los residuos sólidos, es necesario establecer un sitio en el laboratorio para el almacenamiento provisional de los mismos.

Los volúmenes iguales o mayores a 7 m³ de material de residuos de acuerdo con la clasificación presentada en la tabla anterior, se encargarán

las entidades prestadoras de servicio de la recolección de estos materiales de desecho y además, se deberán observar las disposiciones indicadas según las fases de manejo, según sea el caso.

Para tal efecto se recomiendan las siguientes actividades de disposición y manejo ambiental de los residuos en el laboratorio:

➤ *Separación en la fuente*

- En los ensayos de mayor producción de materiales de residuos, se deberán separar en la clasificación A, B, C y D, establecida en la tabla anterior correspondiente a la *clasificación de los residuos de los ensayos de laboratorio*.

- En el caso de generar residuos peligrosos, como por ejemplo cantidades de material asfáltico, muestras de suelo o agregados contaminados o con sustancias perjudiciales para el ambiente, se debe realizar el manejo respectivo y tratamiento conforme con la legislación ambiental aplicable.

➤ *Almacenamiento*

- El almacenamiento de los residuos dentro del predio del proyecto deberá ser temporal, se debe tratar de minimizar la dispersión de polvos y emisión de partículas con el uso adecuado de agua potable en las áreas de mayor movimiento y se deberán retirar los residuos en un plazo no mayor a quince días (en tiempo), 7 m³ (en caso de material de desechos sólidos) ó en el plazo en que establezcan las disposiciones internas de manejos ambientales correspondientes que se desarrollen en la Universidad Tecnológica de Bolívar, conforme con las normativas ambientales vigentes.

➤ *Recolección y Transporte*

- Es importante tener en cuenta los manejos de residuos sólidos que se aplican en la Universidad Tecnológica y que tienen que ver con las disposiciones finales de éstos.
- Durante la recolección y transporte de los residuos del laboratorio se deberá respetar la separación de éstos realizada desde la fuente por el generador de acuerdo con lo establecido en la tabla anterior y evitar mezclarlos con cualquier tipo de residuos.
- El prestador del servicio de transporte deberá circular en todo momento con los aditamentos necesarios que garanticen una total cobertura de la carga para evitar la dispersión de polvos y partículas o el derrame de residuos líquidos durante el traslado a los sitios de disposición autorizados.

➤ *Aprovechamiento*

- Para el aprovechamiento de los residuos del laboratorio clasificados en la tabla anterior, se podrían reutilizar en la ornamentación como cercamientos para las jardineras en el caso de los cilindros de concreto.
- También se pueden utilizar para el desarrollo de investigaciones con las muestras de suelo, en los que se haga evaluar con otro ensayo para observar las reacciones de suelo bajo éstas otras condiciones, anotar los resultados y sacar conclusiones de lo ensayado.
- Si la cantidad de material de residuo es considerable, se puede reutilizar para ser colocado como material de subbase, material asfáltico, reparcheos en los parqueadero y zonas de acceso de la Universidad, o en cualquier sitio en donde se necesite o se pueda utilizar.

➤ *Disposición Final*

- Aquellos residuos del laboratorio contemplados en las secciones A, B, C y D de la tabla anteriormente mostrada que no se envíen a reciclaje, aprovechamiento, comercializados o valorizados, deberán enviarse a sitios de disposición final autorizados.
- Para el caso de suelos contaminados o residuos peligrosos que se generen en los ensayos de laboratorio, se deberán disponer o confinar de acuerdo a la legislación aplicable.

6 PARÁMETROS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

Los análisis que se describen dentro de un sistema de investigación, hacen parte de una estructura básica donde se considera de vital importancia la demarcación de los factores principales que determinarán la investigación y el desarrollo de las actividades; bien sean del estudiante de pregrado, profesores, investigadores, científicos, profesionales, etc., que se encuentren desarrollando un proyecto, investigación, actividad, ensayos, análisis, etc.

Para este proceso, se tienen en cuenta aspectos importantes que serán los que se seguirán al momento de la elaboración de dichas actividades.

Cualquiera que sea el tema de desarrollo o investigación, se debe llevar a cabo un proceso lógico secuencial, para lograr los objetivos y alcanzar calidad en lo que se hace.

De lo anterior podemos añadir, las posibilidades que tiene el estudiante de concretar y llevar a cabo un proyecto, con el beneficio de alcanzar lo que se propuso y la seguridad de haberlo logrado a partir de hacer las cosas bien hechas y en orden.

La manera como se realizan los laboratorios, por ejemplo, está estrechamente ligado con la forma de ejecución y estructuración que se hablaba anteriormente. Se deben seguir unos pasos secuenciales para obtener unos resultados, se deben establecer lineamientos de investigación que permitan el desarrollo de los proyectos sin riesgo de analizar varias disciplinas a la vez, se deben acatar las normas, cumplir con los objetivos y documentarse para llevar a buen término los proyectos que se estén realizando o los que se vayan a iniciar.

Para determinar estos parámetro o líneas de investigación para las pruebas de laboratorio, es necesario clasificar los ensayos de acuerdo al área al que corresponden y además la norma técnica que los rige, sea Internacional (ASTM: American Society for Testing Materials) o Nacional (INVIAS: Instituto Nacional de Vías, NTC: Normas Técnicas Colombianas), para proceder con la elaboración de las Guías respectivas.

Para esto se tienen dos disciplinas, que se transforman en Materiales a Ensayar dentro del laboratorio, los cuales determinarán los parámetros que se van a investigar:

- *Mecánica de Suelos*
- *Pavimentos*
 - Diseño de Mezclas para pavimentos

Para cada uno de ellos se determinan las Líneas de Investigación, que establecerán las guías a desarrollarse en el laboratorio; además de darnos más claridad al momento de realizar las pruebas

6.1 PARÁMETROS DE INVESTIGACIÓN PARA MECÁNICA DE SUELOS

Para el área de Mecánica de Suelos, se tendrán ensayos cuyos parámetros de investigación logren desarrollar aspectos tales como:

- Clasificación y Caracterización del Suelo
- Propiedades Físicas del Suelo
- Determinación de los parámetros de Resistencia Mecánica y Deformaciones del Suelo.
- Determinación de las condiciones de Densidad y Compactación del Suelo.

6.2 PARÁMETROS DE INVESTIGACIÓN PARA PAVIMENTOS

En el área de Pavimentos, se desarrollarán parámetros de evaluación que muestre claramente un Alcance, que determine hasta donde abarca el tema de investigación; y un Análisis, que comprende los ensayos correspondientes para la evaluación del alcance específico.

De esta manera, si el alcance corresponde a evaluar Agregados, el análisis de éstos materiales intenta desarrollar los siguientes ensayos:

- Ensayos para la Clasificación y Caracterización de los Agregados
- Ensayos para Determinar la Limpieza del Agregado
- Ensayos para Determinar la Durabilidad del Agregado
- Ensayos para Determinar la Forma y Angularidad del Agregado

Si el alcance contempla el estudio de los Suelos, el análisis va a desarrollar:

- Pruebas de Soporte del Suelo en el Laboratorio.

Para examinar un alcance que encierre la Evaluación de los Pavimentos, el análisis busca proponer:

- Ensayos para Evaluación del Concreto Rígido.

6.2.1. Parámetros de Investigación para Diseño de Mezclas para Pavimentos

En cuanto al diseño de mezclas para Pavimentos, es importante anotar que si se distinguen dos tipos de pavimentos, contemplados en las guías, se distinguirán dos temas hasta donde será el alcance: Hormigón y Asfalto. Para ello, se presenta un análisis que comprende:

- Diseño de Mezcla para Pavimentos: Rígido y Flexible.

7 DETERMINACIÓN DE PRUEBAS Y ENSAYOS BÁSICOS DEL LABORATORIO

7.1 MECÁNICA DE SUELOS

Para elaborar las Guías de Laboratorio que se utilizarán dentro de esta ciencia, es necesario determinar las propiedades físicas, características y descripción de los suelos utilizados en Ingeniería. Estos parámetros son indispensables para clasificar los ensayos, además de establecer lo que perseguimos con la elaboración de cualquiera de ellos.

Para lo anterior se presenta una lista de ensayos correspondientes a los parámetros de investigación ya mencionados; destacándose además el tipo de ensayo, y la norma técnica o especificación utilizada que los rige.

Tabla 10a. Ensayos para Mecánica de Suelos*

M E C A N I C A D E S U E L O S			
<i>Parámetros de Evaluación</i>	<i>Tipo de Guía/ Ensayo</i>	<i>Norma Técnica o Especificación Utilizada</i>	
		Internacional	Nacional
Ensayos para la Clasificación y Caracterización del Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis Granulométrico de los Suelos por el Método de Tamizado o Método de las Mallas. 	<i>ASTM D 422-63</i>	<i>INV E- 123: 1996</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis Granulométrico de los Suelos por el Método del Hidrómetro o Ensayo de Sedimentación. 	<i>ASTM D 422-63</i>	<i>INV E- 124: 1996</i>

* Fuente: El Modelo de Organización y distribución e Información de la tabla fue tomado de Universidad de Los Andes- Centro de Investigaciones en Materiales y Obras Civiles "CIMOC", 1993; Universidad Nacional- Sede Manizales, 2002, Documentos de Acreditación (Archivo PDF).

	<ul style="list-style-type: none"> Método de ensayo para la determinación del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de un Suelo (Límites de Atterberg). 	ASTM D 423-66 ASTM D 424-59 ASTM D 4318	NTC 4630- 1999 INV E- 125-1996
	<ul style="list-style-type: none"> Ensayo para la determinar los factores de contracción. Limite de Contracción. 	ASTM D427-61	NTC 1503- 2001 INV E- 127:1996
Ensayos para determinar las Propiedades Físicas del Suelo	<ul style="list-style-type: none"> Ensayo para determinar el Contenido de Humedad de los Suelos. 	ASTM D 2216-71	NTC 1495- 1979 INV E- 122
	<ul style="list-style-type: none"> Peso Unitario 	ASTM D 2937-71	INV E- 161:1996
	<ul style="list-style-type: none"> Densidad de Campo (Densímetro Nuclear). 	ASTM D-2922	
	<ul style="list-style-type: none"> Densidad por el Método de Cono y Arena. 	ASTM D 1556-96	INV E-161:1996
	<ul style="list-style-type: none"> Gravedad Específica de los sólidos del suelos 	ASTM D854-92	
Ensayos para determinar parámetros de Resistencia Mecánica y Deformaciones del Suelo.	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de la Resistencia al Corte (Método de corte directo consolidado drenado). 	ASTM D3080-90	NTC 1917-2000 INV E- 154: 1996
	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la Compresión Inconfinada de muestras de Suelo. 	ASTM 2166-66	NTC 1527- 2000 INV E- 152: 1996
	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de las propiedades de Consolidación Unidimensional. 	ASTM D 2435-96	NTC 1967- 1984 INV E- 161: 1996
Ensayos para determinar Condiciones de Densidad y Compactación del Suelo.	<ul style="list-style-type: none"> Prueba de Compactación (Proctor Estándar y Modificado) 	ASTM D1557-00	INV E- 142:1998 INV E- 141:1998

7.2 PAVIMENTOS

“Un pavimento es una estructura vial formada por una o varias capas de materiales seleccionados; capaz de resistir las cargas impuestas por el tránsito

y la acción del Medio Ambiente y de transmitir al suelo de apoyo los esfuerzos y deformaciones tolerables por éste”¹².

Conforme con la definición y para que el pavimento se comporte adecuadamente y su vida útil coincida con el periodo de tiempo para el cual éste fue diseñado, es necesario establecer las características primordiales de los agregados que conforman cada una de las capas de la estructura de un pavimento para que posteriormente no falle.

Es necesario que al momento de realizar un diseño de la estructura de un pavimento, se seleccionen las características y propiedades específicas que deberá cumplir la Subrasante, Sub- bases, Bases y pruebas para el Concreto Asfáltico, para el caso de los elementos que conforman la estructura del Pavimento Flexible; así como los Ensayos para la Subrasante, Sub-base y pruebas para el Concreto Hidráulico, que determinen las características y propiedades de los materiales necesarios para conformar una buena estructura de Pavimento Rígido.

Para este caso, se determinarán Parámetros de Investigación presididos a partir de los direccionamientos de los Pavimentos Rígido y Flexible; los cuales serán los que se van a evaluar y diseñar en el Laboratorio, con la ayuda de las Guías que serán una de las herramientas de ayuda para que el estudiante desarrolle sin problemas cada uno de los ensayos propuestos.

De esta manera, se desarrollarán guías de Laboratorio que permitan elaborar ensayos en donde se logre alcanzar aspectos que precisen las propiedades de los agregados para pavimentos, las capacidad de soporte de los suelos, Evaluaciones para el concreto Hidráulico y Diseño de Mezclas para Pavimentos de Concreto.

¹² GARCES, Claudia; GARRO, Olga Maria; GALLEG0, Libardo. Pavimentos. Colección Universidad de Medellín. (sin año). p47.

Tabla 10b. Ensayos para Pavimentos*

PAVIMENTOS				
Parámetros de Evaluación		Tipo de Guía/ Ensayo	Norma Técnica o Especificación Utilizada	
Alcance	Análisis		Internacional	Nacional
AGREGADOS	<i>Ensayos para la Clasificación y Caracterización de los Agregados</i>		<ul style="list-style-type: none"> Método para el análisis por tamizado de los Agregados Finos y Gruesos. 	ASTM C 136-92 NTC - 77:1994
	<i>Ensayos para Determinar la Limpieza del Agregado</i>		<ul style="list-style-type: none"> Equivalente de Arena de suelos y agregados finos 	ASTM D2419-79 INV E- 133: 1998
	<i>Ensayos para Determinar la Durabilidad del Agregado</i>		<ul style="list-style-type: none"> Determinación de la resistencia al desgaste de agregados gruesos, utilizando la Máquina de los Ángeles. 	ASTM C 131 INV E- 218 – 219 NTC -98: 1995
	<i>Ensayos para Determinar la Forma y Angularidad del Agregado</i>		<ul style="list-style-type: none"> Índice de Aplanamiento y de Alargamiento de los agregados para carreteras Porcentaje de Caras Fracturadas en los Agregados 	ASTM D4791-89 ASTM C 131 INV E- 230:1998 INV E- 227:1998
SUELOS	<i>Pruebas de Soporte del Suelo en el Laboratorio</i>		<ul style="list-style-type: none"> Razón soporte de California de suelos compactados en laboratorio (CBR de Laboratorio) 	ASTM D1883-94 INV E- 148:1996 NTC 2122:1985
EVALUACIÓN	<i>Ensayos para Evaluación del Concreto Rígido</i>		<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a flexión del concreto (Modulo de rotura, MR) 	ASTM C 78 ASTM C293 INV E - 415 - 1998
			<ul style="list-style-type: none"> Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto. 	ASTM C39-86 NTC 674: 1993 ICONTEC 550 Y 673

* Fuente: El Modelo de Organización y distribución e Información de la tabla fue tomado de Universidad Nacional- Sede Manizales. Documentos de Acreditación (Archivo PDF). 2002.

Tabla 10c. Ensayos para Diseños de Mezclas*

DISEÑO DE MEZCLAS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO				
Parámetros de Evaluación		Tipo de Guía/ Ensayo	Norma Técnica o Especificación Utilizada	
Análisis	Alcance		Internacional	Nacional
Diseño de Mezcla para Pavimentos	HORMIGÓN	<ul style="list-style-type: none"> Diseño de Mezcla para Concreto Hidráulico elaborado en el Laboratorio. 	<i>A.C.I. - 211 (American Concret Institute)</i>	<i>NTC- 147 (Evaluación de Agregados)</i>
	ASFALTO	<ul style="list-style-type: none"> Diseño de Mezcla para Concreto Asfáltico elaborado en el Laboratorio, Empleando el aparato Marshall. 	<i>ASTM D 1559-82</i>	<i>INV E -748- 1998</i>

7.3 PROPÓSITO Y ALCANCE DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

El desarrollo de las pruebas y ensayos de laboratorio se enmarcan con fines docentes. En la ejecución de los ensayos por parte de los estudiantes del programa, éstos utilizarán el recinto con fines tanto para la complementación de los contenidos de las asignaturas afines con la Mecánica de Suelos y Pavimentos, como para la utilización de pruebas y ensayos con fines de investigaciones para trabajos de grado.

Es necesario que se definan los propósitos del laboratorio, que inicialmente se utilizará con fines docentes, que vaya incursionando en la medida del tiempo en la investigación y se prolongue hacia fines de trabajos de extensión.

* Fuente: El Modelo de Organización y distribución e Información de la tabla fue tomado de Universidad Nacional- Sede Manizales. Documentos de Acreditación (Archivo PDF). 2002.

8 DISEÑO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO

“El comportamiento de los suelos es complejo y depende de muchas variables que deben evaluarse por medio de análisis riguroso”¹³.

Este tipo de análisis riguroso consiste en evaluar las características morfológicas, las propiedades físicas y químicas, la capacidad de resistencia del suelo ante eventuales o constantes cargas, su comportamiento en presencia de factores climatológicos, cambios de temperatura o fallas geológicas a las que constantemente se ve expuesto; además de la clasificación y descripción de los suelos, a los que se le atribuyen propiedades de ser elástico, homogéneo e isotrópico en todo su contexto, para lo que en realidad este se comporta de manera inversa a dichas propiedades, pero que son características establecidas para comprender su magnitud y lograr los diseños y construcciones de las estructuras de Ingeniería que hoy en día podemos contemplar.

Para lo anterior, se utilizan los *Ensayos de Laboratorio*, en donde el estudiante a partir de las experiencias, le atribuye características al suelo dependiendo de los resultados que arrojen las muestras analizadas en el laboratorio, cuando se realizan obras civiles de ingeniería o pruebas de campo que confirmen la veracidad y entreguen autenticidad en los resultados para el procedimiento de diseño del especialista o la tranquilidad del ingeniero civil en obra.

Para elaborar el diseño de los manuales de laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos, es de suma importancia que se establezcan los parámetros a evaluar para cada una de las ciencias a estudiar; es decir, la línea de investigación para la cual se realizan las pruebas básicas a desarrollar, y que

¹³ GARCES, Claudia; GARRO, Olga Maria; GALLEG0, Libardo. Pavimentos. Colección Universidad de Medellín. (sin año). p47.

además son las de mayor utilidad y relación para el estudiante e investigador del programa.

Como ya se especificó anteriormente, el contenido de cada uno de estos parámetros está estrechamente ligado con el área correspondiente, sea Mecánica de Suelos o Pavimentos, con el propósito de clasificar las pruebas, la intención de éstas y lo que se busca con el desarrollo de un ensayo de laboratorio; con el fin de que el estudiante aproveche este espacio para determinar propiedades de los agregados, características de los suelos, diseños de pavimentos, capas que conforman un pavimento con características de cada una de ellas, diferencias entre pavimento flexible y rígido a partir de sus comportamientos, características de los agregados que conforman un pavimento, etc., que sean de gran beneficio para conocer cuan importante son los resultados que arrojan las pruebas de laboratorio para el ingeniero de campo, el diseñador o el estudiante investigador, con solo realizar pruebas básicas y menos ostentosas en el laboratorio.

8.1 GUIAS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS.

De acuerdo con lo anterior y buscando establecer estos criterios apropiados para el diseño y montaje de los manuales o guías de laboratorio, se definirán cada una de ellos, teniendo en cuenta las características principales de las experiencias básicas que se van a ejecutar.

En su contenido se podrá apreciar aspectos tales como: objetivos del ensayo, materiales necesarios a utilizar, generalidades del tema que se estudia, procedimientos y desarrollo de las pruebas; así como figuras, tablas y formatos para que el estudiante entienda y realice paso a paso lo que se está explicando, se relacione con los equipos y herramientas principales, realice

consultas específicas en los manuales y normas que rigen estos procesos y bibliografía adecuada que brinden información específica y necesaria para facilitar el desenvolvimiento del estudiante ante una prueba de laboratorio, en donde inicia su proceso de interacción directa con el suelo dentro de su carrera como Ingeniero Civil.

Se tiene entonces, de manera debidamente estructurada, la presentación de los manuales de laboratorio que inician con las pruebas básicas de Mecánica de Suelo, los parámetros de investigación que seguidamente nos traslada a cada una de las pruebas más relevantes y normas que rigen estos procesos; seguido de los ensayos correspondientes al área de Pavimentos y finaliza de igual manera con los Diseños de mezcla para pavimentos de concreto, ejecutables en el laboratorio.

Para una mejor visualización de la estructura de las Guías de Laboratorio para el desarrollo de ensayos de Mecánica de Suelos y Pavimentos, se presentará al final de este trabajo, como material Anexo.

8.2 RECOMENDACIONES PARA PRESENTAR INFORMES DE LABORATORIO

La forma como se deben presentar los resultados de estos procedimientos, nos lleva a desarrollar un estilo bien estructurado y organizado; de modo tal que lo que se quiere mostrar sea una presentación acorde con la investigación que se ejecutó.

La presentación de informes de laboratorio es importante para los estudiantes de pregrado. En el caso de los estudiantes de Ingeniería Civil, se incrementa la importancia debido a que éste, en su vida profesional, se verá muy bien rodeado de prácticas y ensayos a diario; dando como resultado una constante

interacción entre el Ingeniero de campo u oficina, con el desarrollo de excelentes informes de laboratorio.

Para el desarrollo de los informes, es necesario que el estudiante se remita a la Norma Técnica Colombiana, ICONTEC, en donde se desarrolla claramente el procedimiento para la presentación de trabajos escritos, o utilice bibliografía relacionada con el tema.

8.2.1. Procedimiento para presentar el informe

- Verificar y colocar las normas técnicas generales para la elaboración del informe, de la misma manera como se elabora un proyecto de grado; de acuerdo con la información suministrada en ICONTEC¹⁴.
- Realizar el contenido o cuerpo del informe, teniendo en cuenta el procedimiento presentado en la norma ICONTEC.
 - El Título
 - Un resumen
 - La introducción
 - El contenido
- Colocar los resultados de la investigación, de manera que se resuman en el informe los aspectos alcanzados con la elaboración del ensayo.
- Plantear las conclusiones de manera clara, expresando los logros alcanzados, objetivos, ventajas, limitaciones, resultados, aplicaciones y recomendaciones sobre el tema de investigación.
- Referenciar el informe con textos, documentos, artículos, páginas de Internet, conferencias, ensayos, informes, etc., que se utilizaron en la realización del informe de laboratorio; de manera que el lector pueda

¹⁴ Normas Técnicas Colombianas, ICONTEC. [en línea]. 2006.

ampliar la información o conseguirla a partir de los datos suministrados por el estudiante ó investigador.

Sugerencias: Para el desarrollo del informe de laboratorio, se recomienda colocar:

- Los aspectos más importantes de la investigación y los resultados.
- Ideas claras y precisas.
- Material organizado
- Subtítulos que faciliten la lectura del informe
- Palabras poco usadas o tablas que puedan confundir al lector y no favorezcan en nada.
- Se debe realizar un máximo de 6 páginas, a espacio sencillo.

9 GUIA METODOLÓGICA PARA LOGRAR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALIDAD AL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Para el desarrollo de pruebas y ensayos a sustancias, materiales o productos con el propósito de establecer las características, capacidad o funcionamiento de éstos; es conveniente acudir a un Laboratorio de Pruebas y Ensayos.

La función principal de estos laboratorios, es determinar que un material o producto cumple o no con los requisitos y especificaciones establecidas referentes al material o producto en cuestión; mediante el desarrollo de dichas pruebas y ensayos anteriormente mencionados, y que a su vez se garantice la validez de las experiencias con resultados confiables y precisos de las muestras analizadas.

Lo anterior incide en la toma de decisiones para la escogencia de un servicio de Laboratorio de Pruebas y Ensayo, debido a que se necesitarán conclusiones acertadas sobre la calidad de los materiales ensayados a partir del desarrollo de experiencias que arrojen excelentes resultados y que además estén sujetas a la aprobación de un sistema nacional que incida positivamente en los procesos de calidad y competitividad, y garantice agilidad y confiabilidad en la obtención de los resultados.

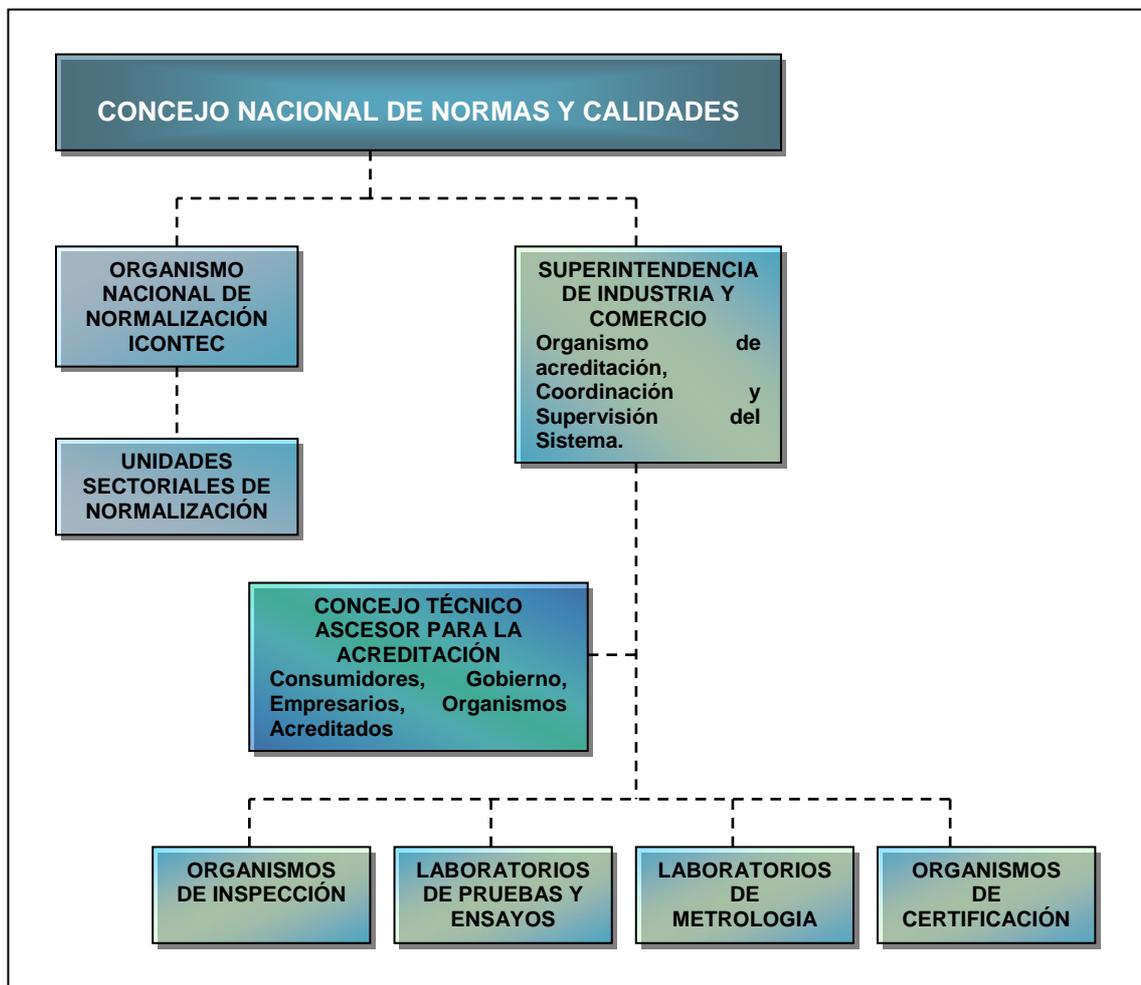
De esta manera, el Gobierno Colombiano a través de Ministerio de Desarrollo Económico creó el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología (SNNCM*), cuya finalidad según el Artículo 1- Decreto 2269 de 1993 es: *“promover en los mercados la seguridad, la calidad y la competitividad del*

* El esquema del SNNCM garantiza la participación y el compromiso en los sectores de Gobierno, Industria y Consumidores en general.

sector productivo o importador de bienes y servicios y proteger los intereses de los consumidores”.

La estructura del Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología SNNCM, está conformado por el Organismo de Acreditación (Superintendencia de Industria y Comercio, SIC) y el Organismo Nacional de Normalización (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC).

Figura 20. Organización del Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología
 (Tomado: Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología. Ministerio de Transporte. [En línea] 2006)



9.1 LA CALIDAD: REQUISITO PARA LA INTERNACIONALIZACIÓN

9.1.1 Sistemas de Calidad en Laboratorios de Pruebas y Ensayos

La intención que persigue implementar un sistema de calidad se basa en los requerimientos de las normativas asociadas al sistema aplicados a los procesos que se quieran desarrollar en las entidades a evaluar.

Para tales fines, se busca con la implementación un sistema de gestión de calidad para un laboratorio de pruebas y ensayos lo siguiente¹⁵:

- Realizar una documentación organizada de lo que se hace y cumplir paso a paso lo que se encuentra documentado.
- Independientemente de los factores que se encuentren involucrados en el proceso para implementar la calidad, es necesario asegurar que la calidad del producto o servicio sea siempre la misma.
- Entender las necesidades de los clientes, para así poder abarcar y acaparar sus requerimientos. La intención de este propósito inicial busca colocar al cliente como el objetivo principal de las organizaciones.
- Demostrar la competencia técnica del personal que labora en ella y lograr una acreditación, certificación o reconocimiento.

9.2 NORMATIVAS

9.2.1. Norma NTC ISO 17025

Contempla los Requisitos Generales de competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración. La aplicación de la Norma NTC ISO 17025, se refiere a que el *Laboratorio es competente* para llevar a cabo calibraciones y/o ensayos, abarcando todos los aspectos de administración de la calidad y los requerimientos técnicos necesarios para demostrar *capacidad técnica*,

¹⁵ El Sistema Nacional de Acreditación, Normalización, Certificación y Metrología como base de la Infraestructura de la Calidad en Colombia. Superintendencia de Industria y Comercio (Documento pdf) 41p. Santafé de Bogotá, Mayo 2004.

utilizando métodos normalizados, no normalizados y métodos creados por el mismo laboratorio.

Para los laboratorios de pruebas, ensayos, calibración, análisis, etc., se requiere identificar con la norma NTC ISO 17025 lo siguiente:

- Producto, material o familia de producto para realizar pruebas, ensayos, calibración, entre otros.
- La(s) prueba(s) a realizar.
- La metodología y técnica a usar para medición o calibración.
- La medición tomada en calibración en términos de las propiedades físicas, químicas o biológicas.
- Rangos de medición a medir para calibrar los equipos.
- Expresar incertidumbre aplicando las mejores técnicas delimitadas dentro del nivel de fiabilidad requerido.

9.2.2. Norma NTC ISO 9001

Esta norma define los requisitos para los *Sistemas de Gestión de la Calidad* en una organización. Con la aplicación de la norma NTC ISO 9001, la organización demuestra su capacidad para proporcionar productos que satisfagan los requerimientos de los clientes y al mismo tiempo intente aumentar su satisfacción, a través de la aplicación efectiva del sistema, incluidos los procesos para la mejora continua y el aseguramiento de la conformidad con las necesidades del cliente y los reglamentarios.

9.2.3. Norma NTC ISO 17025 vs. Norma NTC ISO 9001: ¿Acreditación o Certificación?

Si bien es cierto, las normativas anteriormente mencionadas son las encargadas de contemplar y definir los requisitos para la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad.

Cada una posee unos lineamientos que persiguen de manera particular la regulación de unos procesos desarrollados por una organización que garantice la calidad del producto, servicio u organización, bien sea para satisfacer las necesidades de sus clientes o desarrollar la competitividad, con el que se logre un reconocimiento formal de Acreditación o Certificación/Registro.

De acuerdo con los esquemas de las normativas, las organizaciones que adopten implementar un Sistema de Gestión de calidad bajo los lineamientos de la Normativa NTN ISO 9001 se aplican los términos Certificación o Registro; mientras que si considera aplicar la normativa NTC ISO 17025 se categoriza como Acreditación. La diferencia fundamental entre acreditación y certificación es el nivel de competencia en el desarrollo de las actividades vs. Conformidad a procedimientos.

Figura 21. Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos

(Fuente: Norma Internacional: ISO 9001:2000, Sistemas de Gestión de la calidad- Requisitos. Documento pdf. Suiza, 2000. 7p.

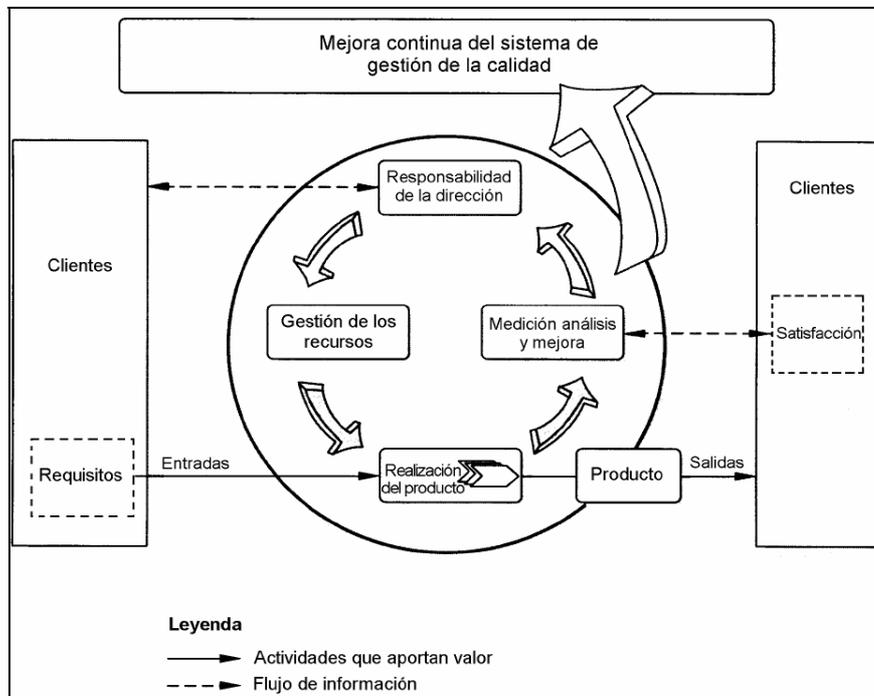


Tabla 11. Certificación vs. Acreditación

(Fuente: QUEVEDO, Carlos; ORTEGA, Rodolfo. Pasantías: Norma ISO/IEC 17025. Superintendencia de Industria y Comercio (Documento pdf) pág. 16. Santafé de Bogotá, Marzo 2004)

Certificación	Acreditación
Conformidad con normas	Competencia bajo presión
Auditoria	Evaluación
ISO 9000	ISO 17025
Confiabilidad	Confiabilidad

Nota: Cuando se realice la escogencia de cualquier Norma que se desee para la organización a la que se le implementará el sistema de calidad con el que se alcance la Acreditación o Certificación, es importante saber que:

- *“El grado de confianza que provee la acreditación, bajo la norma ISO 17025 es significativamente mayor a otros”¹⁶.*
- *“Los laboratorios de ensayo y de calibración que cumplan con la Norma ISO 17025, cumplen también con las norma ISO 9001. Sin embargo, el caso contrario no es válido”¹⁷.*

9.3 IMPORTANCIA DE LA ACREDITACIÓN PARA LOS LABORATORIOS DE ENSAYOS

La Acreditación es el procedimiento mediante el cual se reconoce la competencia técnica y la idoneidad de organismos de certificación e

¹⁶ Sistemas de Gestión Laboratorios ISO 17025- Consultoría de Negocio, Organización, Estrategia. Euroabc [en línea] 2006.

¹⁷ QUEVEDO, Carlos; ORTEGA, Rodolfo. Pasantías: Norma ISO/IEC 17025. Superintendencia de Industria y Comercio (Documento pdf) 17p. Santafé de Bogotá, Marzo 2004

inspección, laboratorios de ensayos y metrología, para que lleven a cabo funciones específicas de evaluación de conformidad.¹⁸

9.3.1 Beneficios de la Acreditación

Tabla 12. Beneficios de la Acreditación

(Fuente: Importancia de la Acreditación- Superintendencia de Industria y Comercio. [En línea] 2006.

SECTORES BENEFICIADOS	BENEFICIOS
GOBIERNO	<ul style="list-style-type: none"> - Se eliminan los costos de reinventar porque se evitó la utilización de recursos propios al colocar a su disposición, un conjunto de evaluadores de la conformidad; y a disposición de las diferentes entidades de control, un proceso de evaluación único y transparente. - Refuerza la confianza de público en la prestación de los servicios básicos.
EVALUADORES	<ul style="list-style-type: none"> - Poseer un rango diferenciador en el mercado, con garantías íntegras y competentes, dando origen al aumento de las oportunidades comerciales a los evaluadores. - Suministra al evaluador la posibilidad de vender un servicio reconocido internacionalmente. - Proporciona garantías de su competencia y es un canal de concientización para mejorar permanentemente.
CLIENTES DE LOS EVALUADORES	<ul style="list-style-type: none"> - Facilita la toma de decisiones informadas, disminuyendo el riesgo de tomar decisiones basadas en una evaluación incorrecta, o lo que es peor, ver rechazado su producto por el comprador que no acepta evaluaciones no acreditadas.
CONSUMIDOR FINAL	<ul style="list-style-type: none"> - Inspira confianza en el proveedor al garantizar que el producto ha sido evaluado por un organismo independiente y competente.

¹⁸ Importancia de la Acreditación- Superintendencia de Industria y Comercio. [en línea] 2006.

	- Aumenta la libertad de elección y fomenta un mercado libre, pero fiable.
--	--

9.4 ORGANISMO DE ACREDITACIÓN: LA SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO (SIC)

“La Superintendencia de Industria y Comercio es un organismo de carácter técnico, cuya actividad está orientada a fortalecer los procesos de desarrollo empresarial y los niveles de satisfacción del consumidor colombiano”¹⁹.

Esta entidad es la encargada de establecer, coordinar, dirigir y vigilar los programas nacionales de control industrial de calidad, pesas, medidas y metrología, y organiza los laboratorios de control de calidad y metrología que considere indispensables para el adecuado cumplimiento de las funciones, así como acredita y supervisa los organismos de certificación, los laboratorios de pruebas ensayos y de calibración que hagan parte del sistema.

9.4.1 Funciones

Dentro de las funciones de la superintendencia y conforme con el Artículo 2- decreto 2153 de 1992 y Artículo 13- decreto 2269 de 1993, se encuentran relacionadas, entre otras, con los laboratorios de pruebas y ensayo, metrología, calidad y consumidores, las siguientes:

Artículo 2, decreto 2153 de 1992

- Practicar visitas de inspección con el fin de verificar el cumplimiento de las disposiciones legales cuyo control le compete y adoptar las medidas que correspondan, conforme a la ley.

¹⁹ Que es la Superintendencia. Superintendencia de Industria y Comercio. [en línea] 2006.

- Practicar visitas de inspección con el fin de verificar el cumplimiento de las disposiciones legales cuyo control le compete y adoptar las medidas que correspondan, conforme a la ley.
- Establecer, coordinar, dirigir y vigilar los programas nacionales de control industrial de calidad, pesas, medidas y metrología, y organizar los laboratorios de control de calidad y metrología que considere indispensables para el adecuado cumplimiento de sus funciones.
- Acreditar y supervisar los organismos de certificación, los laboratorios de pruebas y ensayo y de calibración que hagan parte del sistema nacional de certificación.
- Establecer las normas necesarias para la implantación del sistema internacional de unidades en los sectores de la industria y el comercio
- Fijar requisitos mínimos de calidad e idoneidad para determinados bienes y servicios, mientras se oficializan las normas técnicas correspondientes.

Artículo 17, decreto 2269 de 1993

- Acreditar, mediante resolución motivada, a las diferentes entidades que lo soliciten para operar como organismos pertenecientes al Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología, de conformidad con el reglamento técnico expedido por la Superintendencia de Industria y Comercio para tal fin, el cual se basará en las normas internacionalmente aceptadas. Así mismo, podrá suspender o revocar la acreditación otorgada, de conformidad con lo señalada en el presente decreto.
- Supervisar los organismos de certificación, inspección, los laboratorios de pruebas y ensayos y de metrología, determinar las condiciones en las cuales pueden ofrecer sus servicios frente a los terceros y aplicar las sanciones que se señalan por la inobservancia de las normas legales o reglamentarias a que se encuentren sometidos.

- Pronunciarse en relación con las tarifas máximas que cobren las entidades acreditadas para formar parte del sistema.
- Difundir lo relacionado con los organismos de certificación, de inspección y laboratorios acreditados, sobre las ramas o áreas en las que pueden actuar y todos los demás aspectos necesarios para hacer de público conocimiento los mismos.
- Integrar con otros laboratorios primarios y con los laboratorios acreditados, cadenas de calibración, de acuerdo con los niveles de exactitud que se les haya asignado.
- Proporcionar servicios de calibración a los patrones de medición de los laboratorios, centros de investigación o a la industria, cuando estos no puedan ser proporcionados por los laboratorios que conforman la red; entre otras.

9.5 SITUACIÓN ACTUAL DE LA ACREDITACIÓN EN COLOMBIA

Entre los años 1998- 2004 ha ido aumentando el número de organismos acreditados por SIC. El nivel de competitividad y el deseo de demostrar capacidad técnica, ha provocado incrementos en las organizaciones acreditadas, debido a que desarrollan métodos cada vez más eficientes y eficaces para las exigencias de los estándares de calidad de competencia a nivel nacional e internacional.

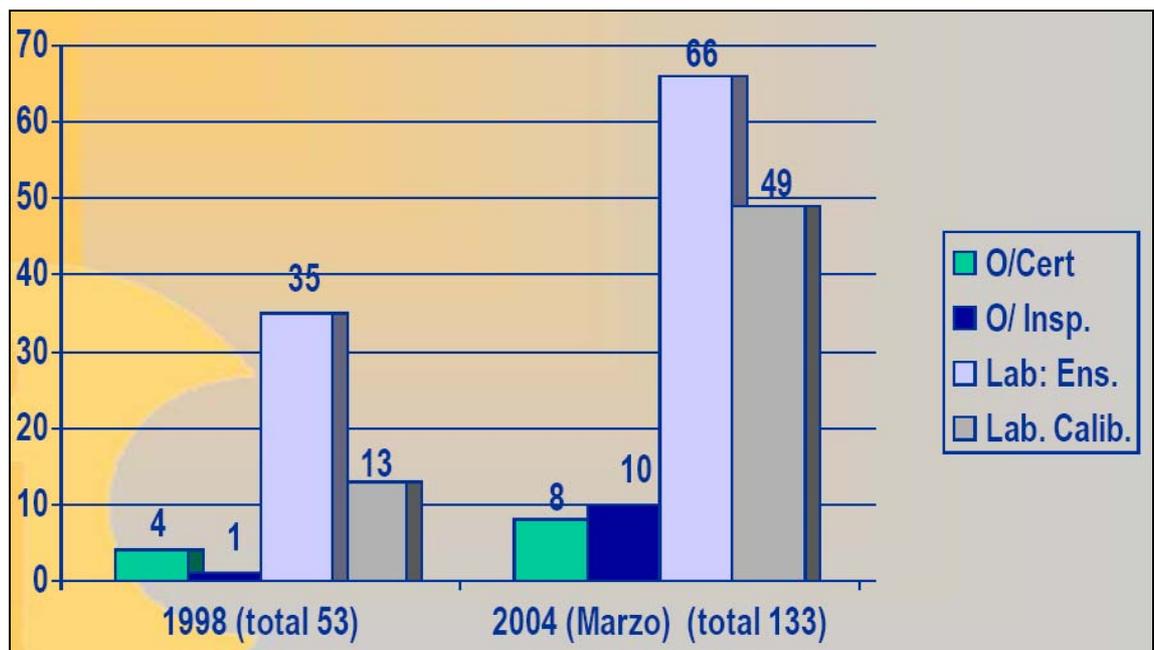
Figura 22a. Estado Actual de la Acreditación en Colombia

(Fuente: El Sistema Nacional de Acreditación, Normalización, Certificación y Metrología como base de la Infraestructura de la Calidad en Colombia. Superintendencia de Industria y Comercio (Documento pdf) 41p. Santafé de Bogotá, Mayo 2004)



Figura 22b. Acreditación 1998- 2004

(Fuente: El Sistema Nacional de Acreditación, Normalización, Certificación y Metrología como base de la Infraestructura de la Calidad en Colombia. Superintendencia de Industria y Comercio (Documento pdf). Santafé de Bogotá. Mayo 2004, p42)



9.5.1. Laboratorios de Pruebas y Ensayos Acreditados a nivel nacional

Como se mostró anteriormente, el desarrollo de la acreditación en Colombia ha ido incrementado cada vez más a medida que aumentan las exigencias del mercado, las cuales vienen tomadas de la mano con los requerimientos necesarios para competir a nivel nacional e internacional para el desarrollo de pruebas que garanticen calidad en los productos o servicios, en la calidad en los procesos desarrollados y en calidad de los servicios que se presten para el desarrollo de cada una de las pruebas específicas que se desarrollan en un Laboratorio de Ensayos y Pruebas.

Las instituciones universitarias particularmente, con el propósito de ofrecer a la a la comunidad estudiantil programas que cada día estén mucho mas preparados, brindando la capacidad de ofrecerle a los estudiantes de los diferentes programas académicos el reconocimiento por su calidad, excelencia, trayectoria y desempeño para la realización de las pruebas y ensayos respectivas de cada laboratorio; logrando así un ambiente de competitividad y esfuerzo entre las universidades del país, con miras a lograr el desarrollo e internacionalización que fundamentalmente constituyen la calidad y excelencia de Colombia.

Los cambios tecnológicos del país, relaciones internacionales, globalización y competencia, han logrado en Colombia el espacio para la ejecución de proyectos de Ingeniería para el desarrollo de diversas zonas del País. No obstante, el gobierno ha invertido últimamente en el desarrollo de este tipo de planes, al igual que proyectos viales, estructurales como puentes, túneles, edificaciones, que han demostrado que se está invirtiendo y que en realidad se necesita calidad en los materiales y diseños para llevar a cabo la ejecución de los proyectos de construcciones.

Es por esta razón, entre otras, que las Universidades se han visto también en la labor de ampliar el alcance de los servicios prestados, no sólo al personal

académico sino también prestar sus servicios a las grandes empresas en desarrollo de proyectos de beneficio para todos. Para garantizarles pues la calidad de los servicios prestados por estas instituciones y la competencia de calidad técnica y desarrollo de pruebas exigentes a los diversos materiales utilizados en los diseños y encontrados en los suelos, que son los que proporcionarán información para la ejecución y planificación del desarrollo de dichos planes constructivos.

Para garantizar esta calidad, las Universidades importantes del país han iniciado y obtenido nombramiento de acreditaciones para los laboratorios en las áreas de Geotecnia y Pavimentos, entre otros; asegurando la excelencia en la ejecución de los ensayos más representativos utilizados en la Ingeniería Civil para la ejecución de los proyectos.

A continuación se tiene una lista de Universidades importantes a nivel nacional, las cuales poseen títulos de acreditación en sus laboratorios de pruebas y ensayos del programa respectivo de Ingeniería civil, conformando un grupo de entidades reconocidas y acreditadas institucionalmente, en algunos casos.

Entonces se presenta una lista de Acreditados por la Superintendencia de Industria y Comercio, clasificado por áreas del Programa de Ingeniería Civil de la siguiente manera:

➤ Asfalto

- Universidad Eafit
- Pontificia Universidad Javeriana
- Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales

➤ Concreto

- Universidad de los Andes - Centro de Investigaciones en Materiales y Obras Civiles - CIMOC

- Universidad Eafit
- Pontificia Universidad Javeriana
- Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales

➤ Materiales para construcción

- Universidad de los Andes - Centro de Investigaciones en Materiales y Obras Civiles - CIMOC
- Universidad Eafit
- Pontificia Universidad Javeriana
- Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales

➤ Suelos

- Universidad de los Andes - Centro de Investigaciones en Materiales y Obras Civiles - CIMOC
- Universidad Eafit
- Pontificia Universidad Javeriana
- Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales

9.5.2. Situación Actual de los Laboratorios de Pruebas y Ensayos en los Programas de Ingeniería Civil de la ciudad de Cartagena

La trayectoria de laboratorios reconocidos por muchos años, ha sido importante para el reconocimiento del profesional egresado que han tenido la oportunidad de utilizar estos laboratorios en donde además se han desarrollado pruebas e investigaciones en los proyectos de obras civiles desarrollados en la ciudad de Cartagena.

Esto ha traído el reconocimiento y respeto por parte de las demás entidades dedicadas a este tipo de labores, sin embargo, la competitividad e incursión de la ciudad en proyectos de gran envergadura ha generado la oportunidad de

crear nuevas entidades para el desarrollo de pruebas de investigación para los diseños de pavimentos, estructuras, estudios de suelo, consultorías, entre otros.

Este deseo por alcanzar reconocimiento, ha repercutido en la toma de decisiones para las entidades contratistas que se interesan cada vez más por recibir resultados confiables, y que al momento de decidir el laboratorio o institución de su preferencia optan por seleccionar a las más antiguas o reconocidas. Aunque el tiempo de permanencia y reconocimiento de una entidad por muchos años ayudan a fortalecerla y a catalogarla como las “mejores” a nivel local, no constituyen totalmente que el desarrollo de los procesos y la obtención de los resultados sean los de mayor calidad.

La Universidad Tecnológica de Bolívar, constituida como un “*proyecto educativo de excelencia*²⁰”, se ha venido registrando como una de las instituciones más modernas de la región, ofreciendo calidad en las carreras que ofrece acordes con las necesidades empresariales y de desarrollo actual; con pruebas fehacientes en la calidad de los egresados a partir de las enseñanzas, servicios, modernas instalaciones y desarrollos investigativos para la formación integral de los mismos.

Es por esto que la Acreditación es un reconocimiento importante. Es abrir la puerta a un mundo de posibilidades, competencia, desarrollo, reconocimiento e internacionalización, es entrar en el mundo de la calidad y ser reconocidos en la región como una entidad que responde a las necesidades actuales y que conforme con ellas, es capaz de calificarse como la mejor a partir de la obtención de resultados de calidad provocando retos tanto a nivel institucional como a los posibles clientes externos.

²⁰ La Universidad Tecnológica: Un proyecto educativo de excelencia del Caribe Colombiano para el mundo. Universidad Tecnológica de Bolívar. [en línea] 2006.

9.6 DESARROLLO DE LA GUÍA METODOLÓGICA PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE CALIDAD AL LABORATORIO.

Para iniciar con el procedimiento para implementar un Sistema de Gestión de Calidad para el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos, será necesario cumplir con los siguientes requerimientos:

➤ **Diagnóstico de la Situación Actual del Laboratorio**

La preparación de la situación actual del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos del Programa de Ingeniería Civil constituye un paquete investigativo en el que se deberá recopilar información necesaria que permita conocer las características del Programa, Laboratorios con que cuenta actualmente, procedimientos desarrollados en los laboratorios existentes, características de los laboratorios, personal a cargo, deficiencias, disponibilidad de accesorios y equipos, etc., que proporcionen de manera adecuada la información pertinente para el desarrollo de este requerimiento.

Dentro de este esquema también es necesario considerar el tipo de requisito que se pretende cumplir y la norma que va a aplicarse, considerándose como una conclusión efectiva de la etapa de diagnóstico actual, ya que aquí se identifican las funciones específicas desarrolladas por el Laboratorio; el cual estará encargado de realizar ensayos a los materiales utilizados en Pavimentos y la capacidad del suelo para el área de Mecánica de Suelos. Este procedimiento deberá contener información pertinente de cada uno de los ensayos de laboratorio presentados anteriormente, los objetivos de cada uno, parámetros de investigación y área de desarrollo.

Para ejecutar este procedimiento se sugiere realizar de manera organizada:

1. Estudio y preparación de la información del Laboratorio
2. Obtención de información base (Consulta de documentos)
3. Evaluación y planificación de actividades

➤ Etapa Preparatoria

Dependiendo del tamaño de la organización se seleccionarán grupos y subgrupos para cada área, con funciones específicas que atiendan al desarrollo del sistema de calidad.

En estos casos, es preferible que tanto los docentes como estudiantes, estén instruidos de las actividades desarrolladas en el Laboratorio para poder asignar responsabilidades a cada grupo y subgrupo, y que ellos puedan responder por estos requerimientos. Para lo anterior se aconseja organizar un Comité de Calidad, con responsabilidades específicas que van orientadas a revisar la evolución del proceso de cambio y a plantear sugerencias y recomendaciones.

También es necesario que se realice un nombramiento, por parte de la dirección del programa, a un representante para el proceso del sistema de calidad. Este representante de la calidad será el encargado de organizar, desarrollar y adaptar el proceso de diseño; así como la implementación, mantenimiento y mejora de acuerdo con las normativas seleccionadas, ya sea ISO 17025 o ISO 9001. Esta persona revisará continuamente el proceso de los equipos del Comité de Calidad, indicando el momento en que estén listos para pasar a la siguiente etapa del proceso.

Se realizarán acuerdos entre el director y el comité de calidad para establecer unos horarios de trabajo acordes con el tiempo libre de ambas partes. Para entidades pequeñas, como es el caso del Laboratorio Suelos y Pavimentos, se requiere una disponibilidad de

medio tiempo para el desarrollo de las actividades.

Sugerencias:

Para el nombramiento del Representante de la Calidad, se sugiere a la Dirección del Programa recurrir a un docente del Programa de Ingeniería Industrial o afín. Esto debido al manejo que poseen o puedan poseer los pertenecientes a este programa en la Universidad, el dominio y relación con los Sistemas de Calidad, Normas relacionadas, etc., para la evaluación y verificación de los procesos desarrollados por parte del grupo de calidad.

Siga las instrucciones de las normativas para estos nombramientos, verificando el tipo de requisito y la definición de sus responsabilidades, con base en la norma elegida para el proceso. (Ver tabla 13).

Tabla 13. Representante de calidad y sus responsabilidades en las normas ISO 9001 e ISO 17025

TIPO DE REQUISITO	NTC ISO 9001	NTC ISO 17025
Definir responsabilidades, incluidas las de la dirección.	5 y 5.5.1	4.1.5a, f, g, h, j.
Contar con un representante de la dirección.	5.5.2	4.1.5. i (denominado en la norma como "director de calidad").

Al final de esta etapa preparatoria, se tendrá un plan que contemple aspectos como:

- Agenda de reuniones de los diferentes subgrupos conformados, donde se incluya todos los aspectos observados por el grupo en cada etapa del proceso.
- Agenda de documentación y responsables de los mismos.
- Agenda de capacitación, que incluya toma de conciencia y responsables de la misma.

- Agenda de comunicaciones: repeticiones, responsables y medios a utilizar. Debe incluir los mecanismos necesarios para dar a conocer el avance del proceso y la socialización de los documentos del sistema de gestión de la calidad.
 - Agenda de evaluaciones y verificaciones, incluidos los indicadores de logro.
 - Recursos logísticos y financieros requeridos para el proceso, en el que se debe realizar el presupuesto y el plan de gastos; incluidos los de Certificación y/o Acreditación por parte de organismos externos.
- Diseño e Implantación del Sistema
- La fase de diseño e implantación del sistema de gestión de la calidad se subdivide a su vez en las siguientes actividades:
- Manual de Calidad: planificación y ejecución de los documentos.
 - Elaboración de los procedimientos e instrucciones de calidad.
 - Ayuda técnica a la implantación del sistema.

Recomendaciones:

Se recomiendan seminarios para los directivos con el fin de sensibilizarlos de la importancia de implementar un sistema de calidad para el Laboratorio del Programa de Ingeniería Civil, los efectos, resultados esperados, impacto en los clientes, costos, etc. Es importante la utilización de la norma NTC ISO 17025 para determinar cada una de las fases del proceso de calidad en el laboratorio, si se ha escogido iniciar el proceso de Acreditación.

- Auditorias del Sistema
- Auditoria interna
 - Auditoria externa. Una vez implantado el Sistema, se debería proceder a la tramitación para la Acreditación, concedida por la Superintendencia de Industria y Comercio, SIC.

➤ Control y Mantenimiento

En esta etapa del proceso, el Laboratorio de suelos y pavimentos deberá demostrar que su sistema de calidad se ha mantenido, que ha madurado su gestión y que los procesos de calidad aún se mantienen; lo que hará que las personas, clientes e integrantes del laboratorio conformen el engrane en la búsqueda de la excelencia del programa de Ingeniería Civil y pueda contribuir a la Acreditación Institucional.

9.7 REQUERIMIENTOS ANTE LA SIC PARA INICIAR EL PROCESO DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO, POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD.

La Superintendencia de Industria y Comercio, establece un proceso estructurado para la entidad que solicite iniciar con el trámite de Acreditación.

Para iniciar este proceso, es importante aclarar que en este caso el Laboratorio de Suelos y Pavimentos en su escogencia de la normativa apropiada y con base lo explicado anteriormente, se deberá utilizar la normativa NTC ISO 17025 para la implementación del Sistema de Calidad al Laboratorio, si se adopta por parte de las Directivas del Programa iniciar el proceso de Acreditación al Laboratorio.

Para lo anterior se tiene:

➤ Solicitud de Acreditación

- La entidad solicitante deberá iniciar el proceso con la solicitud de acreditación. .
- Utilizar los formatos disponibles donde se indica la documentación que debe aportarse.

- Dicha información la puede obtener en la sección solicitudes* o en las oficinas de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) sede CAN.

- Evaluación Preliminar
 - Se analizará dicha documentación a través del personal designado por la SIC.
 - De estar completa la documentación, se designará un equipo evaluador que ha sido calificado con base en los requisitos de la SIC, previo a este proceso.
 - Se debe enviar, seguidamente a este paso, una cuenta de cobro por concepto de la evaluación documental a realizar en la siguiente etapa (ver tarifas*).
 - Para la SIC será de vital importancia, en algunos casos, la visita preliminar al solicitante (pre-auditoria), con el propósito de servir como ayuda en la evaluación documental.

- Evaluación documental
 - Revisión por parte del equipo evaluador, quien establece que la entidad alcanza los criterios de acreditación en cuanto a documentación se requiere.
 - En caso contrario en que el ente evaluado presente una posible desorientación en la documentación o requisitos para la acreditación, se le indicará al solicitante lo que deberá contestar en lo que se considere pertinente.

* Nota: La sección "solicitudes" se encontrará ingresando en la página de Internet de la Superintendencia de Industria y Comercio, www.sic.gov.co. Esta documentación se mostrará al final de este trabajo como documento anexo.

• Para mas información, ver en la página de Internet de la SIC (www.sic.gov.co), en la sección "tarifas".

➤ Evaluación en sitio

- Se revisa el sitio de realización de actividades por el cual fue solicitado o iniciado el proceso de Acreditación, por parte del grupo evaluador. Dicha evaluación se entregará detalladamente al solicitante, quien responderá con las acciones correctivas pertinentes para cada caso.

➤ Decisión de Acreditación

- La Comisión de Acreditación toma la decisión, con base en los informes de evaluación y las acciones correctivas presentadas, transmitiendo oportunamente al solicitante.
- Se emite la respectiva resolución de acreditación y un diploma o certificado de acreditación, en caso de ser positiva la respuesta; de no ser así, se emite un documento justificando los porqués de la decisión, finalizando de esta manera el trámite.
- Se realizarán Auditorias de seguimiento para saber si el proceso de cumplimiento por parte de la entidad aún se encuentra vigente; además se reevalúa cada 5 años la competencia de la entidad.

10 PRESUPUESTOS Y COSTOS ASOCIADOS AL PROYECTO

Para la propuesta de implementación Proyecto “Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos” al programa de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Bolívar, se hizo necesario analizar cada una de las actividades a desarrollar de tal manera que se definieran los costos reales para poder llevar a cabo este proyecto.

Cuando se hayan analizado de manera individual los diferentes tipos de costos de una obra se tienen los elementos primordiales para valorizarla en conjunto y de esta manera desarrollar un presupuesto.

Con la elaboración de un presupuesto obtenemos los costos de la Infraestructura del Laboratorio, Equipos y mantenimiento necesario, Personal Administrativo, y demás actividades que la Universidad deberá desarrollar para tal fin y que al mismo tiempo servirán para determinar los costos de inversión que definirá si el proyecto es viable o no.

10.1 PRESUPUESTOS

10.1.1 Presupuesto de Obras Civiles

Para el desarrollo del presupuesto de obra del Laboratorio, se tuvo en cuenta el diseño arquitectónico y los elementos necesarios asociados a cada una de las actividades del proyecto dispuestas en capítulos que siguen un orden secuencial (ver planos anexos y tabla siguiente).

Para lo anterior se tienen los capítulos del Presupuesto de Obra ordenados de la siguiente manera:

Tabla 14. Organización Secuencial de los Capítulos del Presupuesto de Obra del Laboratorio

No.	CAPÍTULOS
1	Obras Preliminares
2	Excavaciones
3	Rellenos
4	Estructuras en Concreto
5	Acero de Refuerzo
6	Mampostería
7	Pisos y Zócalos
8	Pañetes
9	Estructura Metálica
10	Acabados y Pintura
11	Cielo Raso y Cubierta
12	Carpintería Metálica
13	Carpintería en Madera
14	Instalaciones Eléctricas y de Aire Acondicionado
15	Instalaciones Hidrosanitarias y Aparatos Especiales
16	Instalación de Aguas Lluvias
17	Limpieza General

Para desarrollar el presupuesto fueron necesarios varios aspectos importantes que dieron origen a la creación de las actividades del proyecto. Con las Instalaciones del Laboratorio se adecuaron, no sólo las áreas de acuerdo con las necesidades básicas del laboratorio sino que se obtuvo la creación y ejecución del Diseño Arquitectónico y Estructural del Proyecto. Estos planos originaron unas cantidades de obra que se deberán ejecutar para la implementación de la Infraestructura del Laboratorio.

Las actividades del presupuesto conllevaron a la investigación de los precios actuales de materiales y mano de obra de acuerdo con los índices de costos manejados actualmente en la Ciudad, a través de cotizaciones, listas de precio de empresas concreteras y ferreterías, programas de presupuestos, con los cuales se obtuvieron los costos unitarios de cada una de las actividades.

Para un mayor detalle del Presupuesto de obra, se presenta al final de este trabajo como documento anexo.

10.1.2 Presupuesto de Equipos y Accesorios para los Ensayos de Laboratorio
La elaboración del presupuesto de los equipos y accesorios se desarrolló con base en los requerimientos necesarios para ejecutar los ensayos de laboratorio, conforme con las pruebas básicas presentadas anteriormente.

La elección de equipos adecuados para los ensayos de laboratorio se realizó tomando como base los catálogos y revistas de las principales marcas reconocidas a nivel nacional e internacional, y con las cuales se pudo tomar la mejor opción para el desarrollo de este proyecto. (Ver Presupuesto de equipos al final del trabajo, como documento anexo).

Del análisis y comparaciones realizadas, se recomendaron las siguientes empresas, como proveedores de los equipos y accesorios para el laboratorio:

- ELE SOILTEST, la cual tiene reconocimiento nacional e internacional y garantiza la calidad en la fabricación de los mismos.
- PINZUAR, la cual tiene reconocimiento a nivel nacional por ensamblar y fabricar productos en el País.
- DIRIMPEX, que es una empresa nacional que se dedica a distribuir equipos para laboratorio y sector de la construcción.

Entre los aspectos más importantes de las empresas, se tuvo en cuenta la presentación de sus equipos y accesorios a través de catálogos en línea; especificando sus funciones, características, referencias, ensayos para los cuales se utiliza, áreas de aplicación y accesorios, entre otros aspectos importantes. Para lo anteriormente presentado y con base en las cotizaciones de precios establecidos por las empresas anteriores, se mostró que PINZUAR LTDA., es la que presenta los precios más bajos y por consiguiente el presupuesto de los equipos es el más económico entre las otras.

RECOMENDACIONES

Al momento de elegir una empresa para el suministro de los equipos para el laboratorio de suelos y pavimentos, la Universidad no sólo deberá inclinarse por la que presente los precios más bajos del mercado sino que deberá tener en cuenta aspectos importantes como: calidad en los equipos, garantía y confiabilidad de los distribuidores, reconocimiento a nivel nacional e internacional, revisiones periódicas y suministro de capacitaciones para manipular los equipos, etc., que garanticen de cierta manera la inversión tan importante que se está realizando.

Se recomienda, que además de lo anterior, el departamento encargado de la compra de equipos no se comprometa o limite únicamente con una empresa distribuidora sea nacional o internacional, debido a que si en caso de presentarse inconveniente en el suministro de los equipos, no sea únicamente con una empresa y existan mas posibilidades, opciones y garanticen respaldo en la compra de los mismos.

10.2 OTROS COSTOS ASOCIADOS AL PROYECTO

10.2.1 Costos por Personal de Laboratorio

Para que se lleven acabo las actividades del laboratorio de manera organizada y se desarrollen los procesos de realización de pruebas, evaluación de resultados, mantenimiento y calibraciones de los equipos, capacitaciones, entre otros, es necesario que se invierta en el personal administrativo que velará para que todas las actividades dentro del laboratorio se desarrollen de buena manera.

Los costos totales estimados que están asociados al Personal del Laboratorio se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Costos del Personal de Laboratorio

Cargo/Función	Cantidad	Salario	Total
Director de Laboratorio	1	3'000.000	3'000.000
Ingeniero Laboratorista	1	2'200.000	2'200.000
Auxiliar de Laboratorio	1	800.000	800.000
Total en Costos del Personal.....			\$ 6'000.000/mes

10.2.2 Costos por Capacitaciones

Los costos estimados para la capacitación del personal del Laboratorio están relacionados con cursos, talleres, seminarios, etc., y son ejecutables en la medida en que se desee instruir al personal encargado y se tengan en cuenta sus necesidades ya sea a corto o largo plazo.

Para lo anterior se tienen los costos estimados de capacitaciones, entre otras:

- Ejecución de las buenas prácticas y ensayos de Suelos y Pavimentos
- Prestaciones del servicio de Laboratorio
- Capacitaciones especiales para implementación del Sistema de Calidad NTC-ISO 17025.
- Costos de Acreditación por parte de la Superintendencia de Industria y Comercio, SIC.
- Otras capacitaciones

Total en Costos por Capacitaciones/ año.....\$ 15'000.000

10.2.3 Costos por Mantenimiento y Calibración de Equipos

Los costos para calibración y mantenimiento de equipos corresponden una tarea importante y necesaria para cualquier laboratorio de pruebas y ensayos. Los resultados obtenidos a partir de un ensayo corresponden a las respuestas de aparatos electrónicos que pueden o no sufrir alteraciones con el tiempo por causas externas o internas de los equipos, repercutiendo directamente en los

resultados que arroje y por consiguiente en la elaboración del informe final de una prueba de Suelos o Pavimentos realizada en el laboratorio.

Los costos están estrechamente ligados con el equipo que se desee calibrar y las tarifas que se manejen a nivel nacional. La SIC* presenta unas tarifas anuales de calibración de equipos de medición con los que se pueden estimar los costos por año, de acuerdo con los equipos que se deseen calibrar.

10.2.4 Otros Costos de Laboratorio

Dentro de estos costos, se evalúan los relacionados con los materiales y reactivos que se utilizarán para las pruebas y ensayos; además de los costos originados por el material bibliográfico del Laboratorio, correspondiente a Normas y manuales para los ensayos que se realicen en esta dependencia.

Para lo anterior se estiman los siguientes costos:

- Costos por Materiales y reactivos.....\$2'000.000
- Costos por Material Bibliográfico.....\$5'000.000

Total en Otros Costos del Laboratorio.....\$7'000.000
--

10.3 ANÁLISIS DE COSTOS Y PROYECCIONES DE LA INVERSIÓN

Cuando se realiza un análisis de los costos del proyecto, se tienen en cuenta cada uno de los aspectos que están directamente relacionados con su ejecución. De allí se deduce la disponibilidad presupuestal e inversión por parte de la Universidad, en caso de que se desee iniciar con la realización del Proyecto.

Para este Proyecto, en particular, se pueden realizar inversiones parciales a medida en que la universidad se vaya proyectando de acuerdo con su plan de

* http://www.sic.gov.co/Informacion_Interes/Tarifas_Calibraciones.php

desarrollo. Por esta razón, se pueden estudiar ciertas alternativas de inversión a corto, mediano y largo plazo.

10.3.1 Inversión a Corto Plazo

Para el desarrollo de actividades relacionadas con el proyecto y que pueden ser ejecutables de manera inmediata, se sugiere a la Universidad que de acuerdo con los costos y presupuesto asociados al proyecto y teniendo en cuenta la necesidad de esta locación para los estudiantes del Programa de Ingeniería Civil, se podría invertir inicialmente en lo siguiente:

➤ Costos de Obras Civiles

Es una inversión inmediata. El inicio del desarrollo de un proyecto tan importante para el programa y la Universidad promueve el acceso a un camino de posibilidades para los estudiantes de Ingeniería Civil, en su afán por el aprendizaje a partir de la enseñanza teórico-práctico.

➤ Costos por equipos y accesorios

Se invierten en éstos, en la medida de disponibilidad económica de la Universidad. Para ello se puede iniciar con la inversión de los equipos sencillos para la ejecución de pruebas básicas para que el estudiantado pueda prepararse y realice algunas prácticas sencillas importantes para el desarrollo de las asignaturas respectivas.

Para lo anterior se tienen:

✓ Para Área de Mecánica de Suelos

Ensayos para la Clasificación y Caracterización del Suelo

- Análisis Granulométrico por tamizado e hidrómetro
- Límites de Atterberg
- Límite de Contracción

Ensayos para determinar las propiedades físicas del suelo

- Contenido de Humedad de los Suelos

- Peso Unitario
 - Gravedad Específica
 - Densidad por el Método de Cono y Arena
- ✓ Para Área de Pavimentos
- Ensayos para la Clasificación y Caracterización de los Agregados
- Análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos
- Ensayos para determinar la forma y Angularidad del Agregado
- Índice de Alargamiento y Aplanamiento de los agregados para carreteras.
 - Porcentaje de caras fracturadas en los agregados
- Diseños para mezcla para pavimentos (hormigón hidráulico)
- Diseño de mezcla para concreto hidráulico elaborado en el laboratorio.
- ✓ Para Área Administrativa y de Investigación
- Desarrollo de actividades e investigaciones concernientes al laboratorio.

Para lo anteriormente mencionado, es necesario invertir inicialmente en los siguientes equipos, como lo muestra la tabla 16.

Tabla 16. Equipos y Accesorios - Inversión a Corto Plazo

NOMBRE EQUIPO	MARCA	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
AREA 1: EQUIPOS INVESTIGACIÓN				
Computador Pentium	Intel Dell	1	\$5'290.000	\$5'290.000
AREA 2: EQUIPOS ADMINISTRATIVA				
Computador Pentium	Intel Dell	1	\$5'290.000	\$5'290.000
AREA 3: PAVIMENTOS				
Horno para secado	CALORIC/ PINZUAR	1	\$ 470.000	\$ 470.000
Serie de Tamices Certificada	PINZUAR	1	\$ 218.000	\$ 218.000
Balanza Digital 3000 g.	FTW/ PINZUAR	1	\$ 810.000	\$ 810.000

Estufas de Calentamiento	HACEB	2	\$ 70.000	\$ 140.000
Mezcladora de Concreto	NACIONAL	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000
Baño de Maria	PINZUAR	1	\$ 640.000	\$ 640.000
Juego completo Cono de Abrahms para ensayo de Slump	PINZUAR	1	\$ 62.000	\$ 62.000
Juego completo para determinar el índice de forma (aplanamiento y alargamiento de los agregados)	PINZUAR	1	\$ 292.000	\$ 292.000
AREA 4: MECÁNICA DE SUELOS				
Serie de Tamices Certificada	PINZUAR	1	\$ 218.000	\$ 218.000
Cazuela de casagrande	PINZUAR	3	\$ 650.000	\$ 1.950.000
Horno para secado	PINZUAR	2	\$ 470.000	\$ 940.000
Equipo de Cono y arena para densidad de Campo	PINZUAR	1	\$ 94.000	\$ 94.000
Balanza Digital 3000 g.	FTW/ PINZUAR	1	\$ 810.000	\$ 810.000
Equipo completo para determinar la gravedad especifica de los suelos	PINZUAR	1	\$ 250.000	\$ 250.000
ACCESORIOS Y HERRAMIENTAS				
<ul style="list-style-type: none"> - Vidriera Indumentaria - Herramientas menores - Recipientes metálicos 			\$2'562.000	
TOTAL COSTOS POR EQUIPOS Y ACCESORIOS				\$24'036.000,00

➤ Costos por Personal de Laboratorio

Los cuales son de suprema importancia, por se los encargados de desarrollar, planificar, organizar, ejecutar las pruebas y mantenimiento de los equipos de laboratorio.

➤ Otros Costos del Laboratorio

Estos son costos que están directamente relacionados con las operaciones y actividades de desarrollo del Laboratorio, como lo son los reactivos

utilizados en las pruebas y el material bibliográfico para su ejecución. Inicialmente, se propone la inversión de la mitad de estos costos.

De esta manera se tienen los costos iniciales de inversión para la Universidad Tecnológica, en su etapa inicial del Proyecto de Implementación de un Laboratorio de Suelos y Pavimentos, relacionados de la siguiente manera:

Tabla 17. Total Costo de Inversión a Corto Plazo

Costos de Obras Civiles	\$120'732.907
Costos por Equipos y Accesorios	\$24'036.000
Costos por Personal de Laboratorio	\$ 6'000.000
Costos por Otros Costos del Laboratorio	\$ 3'500.000
Total Inversión a Corto Plazo	\$154'268.907

10.3.2 Inversión a Mediano Plazo

Continuando con el proceso de inversión para el Laboratorio, se sugiere a las directivas de la Universidad que se realice nuevamente en un plazo de 3 a 4 años después de haberse implementado este recinto para la investigación. Para ello es necesario mostrar las necesidades que se proyectarían para este periodo, establecidas de la siguiente manera:

➤ **Costos por equipos y accesorios**

En el transcurso de este periodo, será necesario realizar nuevamente una buena inversión para la dependencia de pruebas y ensayos de Mecánica de suelos y Pavimentos con el firme propósito que se continúen ejecutando las prácticas de laboratorio por parte de estudiantes, docentes e investigadores del programa y la universidad.

Para ello, será necesario que se relacionen los siguientes ensayos:

- ✓ Para Área de Mecánica de Suelos

Ensayos para determinar condiciones de densidad y compactación del suelo

- Prueba de Compactación (Proctor Estándar y Modificado)

Ensayos para determinar las propiedades físicas del suelo

- Densidad de Campo (Densímetro Nuclear)

- ✓ Para Área de Pavimentos

Ensayos para determinar la limpieza del Agregado

- Equivalente de Arena de suelos y agregados finos

Ensayos para Evaluación del Concreto Rígido

- Resistencia a flexión del concreto (Módulo de Rotura, MR)
- Prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

Pruebas de Soporte del Suelo en el Laboratorio

- Razón soporte de California de suelos compactados en laboratorio (CBR de Laboratorio)

Ensayos para Determinar la Durabilidad del Agregado

- Determinación de la resistencia al desgaste de agregados gruesos, utilizando la Máquina de los Ángeles.

Ensayos para diseño de mezcla de concreto (Asfáltico)

- Diseño de Mezcla elaborado en el Laboratorio, Empleando el aparato Marshall.

Con base en los ensayos mencionados anteriormente, será necesario invertir en los siguientes equipos:

Tabla 18. Equipos y Accesorios - Inversión a Mediano Plazo

NOMBRE EQUIPO	MARCA	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
AREA 1: EQUIPOS INVESTIGACIÓN				
Computador Intel Pentium	Dell	2	\$5'290.000	\$10.580.000

AREA 2: EQUIPOS ADMINISTRATIVA					
Computador Intel Pentium	Dell	1	\$5'290.000	\$5'290.000	
AREA 3: PAVIMENTOS					
Prensa Marshall y CBR eléctrica	PINZUAR	1	\$ 4.950.000	\$ 4.950.000	
Moldes para CBR	PINZUAR	18	\$ 93.000	\$ 1.674.000	
Martillo de Compactación para ensayo de Compactación Modificado	PINZUAR	2	\$ 90.000	\$ 180.000	
Kit Completo para Equivalente de Arena	PINZUAR	1	\$ 640.000	\$ 640.000	
Balanza Mecánica de 20 Kg.	PINZUAR	1	\$ 2.099.000	\$ 2.099.000	
Maquina de los Angeles	PINZUAR	1	\$ 658.000	\$ 658.000	
Moldes para ensayo Marshall	PINZUAR	12	\$ 73.000	\$ 876.000	
Martillo de compactación para ensayo Marshall	PINZUAR	1	\$ 115.000	\$ 115.000	
Extractor vertical para proctor y CBR Marshall	PINZUAR	1	\$ 475.000	\$ 475.000	
Equipo Rice	PINZUAR	1	\$ 2.950.000	\$ 2.950.000	
Termómetros para Asfalto	PINZUAR	1	\$ 100.000	\$ 100.000	
Prensa digital para ensayos de Concreto	PINZUAR	1	\$ 10.800.000	\$ 10.800.000	
Moldes metálicos para elaboración de cilindros de Concreto	PINZUAR	1	\$ 52.000	\$ 52.000	
AREA 4: MECÁNICA DE SUELOS					
Balanza Mecánica de 20 Kg.	PINZUAR	1	\$ 2.099.000	\$ 2.099.000	
Moldes para ensayo de compactación	PINZUAR	2	\$ 86.500	\$ 173.000	
Martillo de Compactación para ensayo de Compactación Modificado	PINZUAR	2	\$ 90.000	\$ 180.000	
Termómetro digital	PINZUAR	1	\$ 180.000	\$ 180.000	
ACCESORIOS Y HERRAMIENTAS					
<ul style="list-style-type: none"> - Vidriera Indumentaria - Herramientas menores - Recipientes metálicos 			\$3'000.000		

TOTAL COSTOS POR EQUIPOS Y ACCESORIOS	\$47'071.000
--	---------------------

➤ **Costos por Capacitaciones del Personal Administrativo**

Se deberá realizar inversión para capacitar al personal que labore en las instalaciones del laboratorio, de tal manera que sean preparados para que ejecuten y preparen los ensayos de manera eficiente, segura, responsable y con dominio y facilidad para la enseñanza a los estudiantes del programa.

Para ello se sugiere invertir en las siguientes capacitaciones, entre otras:

Tabla 19. Capacitaciones al Personal de Laboratorio- Mediano Plazo

CAPACITACIONES	
Ejecución de las buenas prácticas y ensayos de Suelos y Pavimentos	
Prestaciones del servicio de Laboratorio	
Otras capacitaciones	
TOTAL INVERSIÓN EN CAPACITACIONES PERSONAL.....	10'000.000

➤ **Costos por Mantenimiento y Calibración de Equipos**

Para este nuevo periodo de inversión, será necesario realizar una inversión para el mantenimiento y calibración de equipos de laboratorio. De esta las directivas del laboratorio podrán presentar una solicitud a la universidad en donde se relacionen los precios de tales actividades de acuerdo al equipo que se desee calibrar o reparar, presentadas por la Superintendencia de Industria y Comercio; la cual podrá encargarse de realizar ésta labor o se podrá recurrir de igual manera a una empresa acreditada para la prestación de este servicio.

TOTAL INVERSIÓN EN COSTOS POR MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN EQUIPOS.....	\$20'000.000
---	---------------------

Para lo anterior, se relaciona el total de costos que tendrá que invertir la Universidad para Mediano Plazo luego de ejecutar el proyecto del Laboratorio. Se tiene que:

Tabla 20. Total Costos de Inversión- Mediano Plazo

Costos por Equipos y Accesorios	\$47'071.000
Costos por Capacitación del Personal de Laboratorio	\$10'000.000
Costos Por Mantenimiento y Calibración de Equipos	\$20'000.000
Costos por Otros Costos del Laboratorio	\$ 3'500.000
Total Inversión a Mediano Plazo	\$80'571.000

10.3.3 Inversión a Largo Plazo

La inversión realizada a un laboratorio de pruebas y ensayo se debe realizar periódicamente. Realizar inversiones de este estilo y con estas frecuencias resulta positivo para mantener actualizado y en buenas condiciones éstas locaciones. De esta manera, será necesario realizar nuevas inversiones que a largo plazo se sugiere realizar en un lapso de 5 a 6 años una vez implementado el Laboratorio de pruebas y ensayo para los estudiantes e investigadores del programa de Ingeniería Civil.

➤ Costos por Equipos y Accesorios del Laboratorio

De la misma manera como se ha venido realizando, será necesario evaluar las pruebas y ensayo que el estudiantado deberá realizar para este periodo para así conocer la inversión de equipos para la dotación del Laboratorio.

Se tiene entonces que:

✓ Para Área de Mecánica de Suelos

Ensayos para determinar parámetros de Resistencia Mecánica y Deformaciones del Suelo.

- Determinación de la Resistencia al Corte (Método de corte directo consolidado drenado).
- Resistencia a la Compresión Inconfiada de muestras de Suelo.

- Determinación de las propiedades de Consolidación Unidimensional.

Ensayos para determinar las propiedades físicas del suelo

- Densidad de Campo (Densímetro Nuclear)

Para lo anterior, será necesario invertir en los siguientes equipos de laboratorio de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 21. Equipos y accesorios- Largo Plazo

NOMBRE EQUIPO	MARCA	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
AREA 4: MECÁNICA DE SUELOS				
Equipo de Corte Directo	PINZUAR	1	\$ 8.764.000	\$ 8.764.000
Equipo de consolidación de 3 cámaras	PINZUAR	1	\$ 9.115.000	\$ 9.115.000
Otros equipos de ensayos especiales	----	----	----	\$30'000.000
Otros equipos de ensayos de campo	----	----	----	\$30'000.000
ACCESORIOS Y HERRAMIENTAS				
<ul style="list-style-type: none"> - Vidriera Indumentaria - Herramientas menores - Recipientes metálicos - Herramientas de campo 				\$8'000.000
TOTAL COSTOS POR EQUIPOS Y ACCESORIOS				\$87'879.000

➤ Costos por Capacitaciones al personal de laboratorio

Para este periodo de inversión a largo plazo y de acuerdo con el plan de desarrollo de la Universidad para proyectarse y posesionarse a nivel regional y local con miras a implementar un sistema de calidad que logre la acreditación de la dependencia, será de gran importancia realizar una buena inversión en capacitación del personal para prepararse en este proceso. Para ello será necesario acudir nuevamente a la SIC, la cual será la encargada de preparar al Ingeniero o Director del Laboratorio para el

proceso de implementación del Sistema de Calidad e inicios de Acreditación.

Tabla 22. Capacitaciones al Personal de Laboratorio- Largo Plazo

CAPACITACIONES	
Capacitaciones especiales para implementación del Sistema de Calidad NTC-ISO 17025.	
Costos de Acreditación por parte de la Superintendencia de Industria y Comercio, SIC.	
Otras capacitaciones	
TOTAL INVERSIÓN EN CAPACITACIONES PERSONAL.....20'000.000	

➤ **Costos por Mantenimiento y Calibración de Equipos**

En este nuevo periodo de inversión, será necesaria la realización de mantenimiento de los equipos que adquirió el Laboratorio durante el primer y segundo periodo de inversión, con el fin de conservarlos y mantenerlos en buen estado para que se puedan ejecutar buenas prácticas sin temor de que éstos arrojen resultados no confiables para la elaboración de los ensayos.

TOTAL INVERSIÓN EN COSTOS POR MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN EQUIPOS.....\$60'000.000

Para lo anteriormente mencionado, resulta importante la inversión en todo lo relacionado al Laboratorio que beneficiará directamente al programa, a los estudiantes y a la dependencia principalmente. Finalmente se deduce que con base en la proyección y desarrollo de la Universidad en su afán de ampliarse en el tiempo y posesionarse como una de las mejores, se puede decir que el costo aproximado para inversión a largo plazo será:

Tabla 23. Total Costos de Inversión- Largo Plazo

Costos por Equipos y Accesorios	\$87'879.000
Costos por Capacitación del Personal de Laboratorio	\$20'000.000
Costos Por Mantenimiento y Calibración de Equipos	\$60'000.000
Total Inversión a Mediano Plazo	\$167'879.000

10.4 RELACIÓN COSTO- BENEFICIO

Implementar un Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos al programa de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Bolívar generará una serie de beneficios que se verán reflejados en el mejoramiento de la calidad académica de la comunidad que éste cobije, constituyéndose como un complemento de las actividades desarrolladas en las aulas de clases y que necesariamente y en contraprestación a ello se generarán una serie de costos de inversión anteriormente mencionados, para tal implementación.

10.4.1 Beneficios del Proyecto

Los beneficios del proyecto están representados por una serie de ventajas competitivas estrechamente ligadas con su implementación.

Algunos de los beneficios que se pueden generar y que por lo cual le da viabilidad al proyecto son:

Incremento en las Ganancias:

- Aumentar el ingreso de los estudiantes interesados en cursar el programa de Ingeniería Civil a la Universidad.
- Ayudar al desarrollo de servicios a la comunidad.
- Establecer un compromiso con miras a la calidad y permitir el reconocimiento a nivel local.

- Mejorar la posición competitiva del programa frente a las demás universidades de la Ciudad y el País.
- Maximizar y valorar las instalaciones de la Universidad.
- Desarrollo y crecimiento del Programa de Ingeniería Civil.
- Posibilidad de implementar un Programa de Maestría en Ingeniería Civil con un énfasis determinado en las áreas de Geotecnia o Pavimentos.

Aumento en los niveles de reconocimiento

- Niveles de reconocimiento e identificación por parte de los estudiantes que deseen iniciar su carrera universitaria.
- Reconocimiento por parte de las entidades externas que deseen solicitar servicios.
- Reconocimiento de Acreditación Nacional del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos.

Recurso Humano

- Habilidad en los estudiantes para el desarrollo de pruebas y ensayos de laboratorio.
- Familiaridad con los equipos y accesorios utilizados.
- Ejecutando actividades en grupo, talleres, ejercicios, etc., que aumenten y fomenten los niveles de competitividad sana entre los estudiantes.
- Incentivando a los estudiantes al desarrollo de proyectos investigativos a partir de la ejecución de actividades de prueba y error.
- Creando conciencia para la necesidad de grupos de investigación del programa.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las evaluaciones e investigaciones realizadas, se concluye lo siguiente:

Con base en las estadísticas por el departamento de Planeación, Prospectiva y Desarrollo, se notó el crecimiento constante de la población estudiantil del programa de Ingeniería Civil, lo que conllevó a determinar la viabilidad del proyecto en el tiempo; que podría generar un incremento significativo de estudiantes para el programa de Ingeniería Civil.

Es importante que se establezcan comparativos con otras universidades reconocidas en el País con el fin de analizar cada uno de los lineamientos, locaciones de los laboratorios, ensayos y pruebas, estructura organizacional, etc., que sirvan como base para el proyecto pero sin desviar el estilo propio para su implementación.

El programa de Ingeniería Civil aunque no posee laboratorios para fines de Investigación ni de extensión, pero si tiene laboratorios con naturaleza definida hacia la docencia.

El programa de Ingeniería Civil no cuenta ni con laboratorios acreditados, ni con sistemas de calidad ISO 17025 implementados o en proyecto implementar.

El programa no posee en la actualidad, medios de divulgación independientes para su reconocimiento ante los estudiantes que opten por iniciar la carrera de Ingeniería civil, de igual manera, los laboratorios también carecen de este servicio.

No se encontraron alianzas ni convenios entre el programa de ingeniería civil con otras carreras de la facultad, ni con entidades del sector empresarial.

Se conocieron los equipos del laboratorio Integrado, reconociendo la inversión y desarrollo de la Universidad para el crecimiento del programa de Ingeniería Civil.

La propuesta 2, de ubicar la zona del proyecto cercana a la zona de los laboratorios y talleres de la universidad, fue la mejor, con un puntaje de 29 puntos, por encima de la propuesta 1 con 21 puntos.

Se estableció en este estudio, que si se llegara a implementar este proyecto, el impacto ambiental generado sería mínimo y que los planes de mitigación serían fáciles de realizar.

La descripción arquitectónica del Laboratorio define una planta física con 3 zonas definidas para el análisis, la investigación y el trabajo pesado dentro de una bodega con un solo nivel; mientras que el sistema estructural de construcción es un sistema aporricado (vigas y columnas), con una cubierta con canaleta 90 galvanizada que se apoya sobre una estructura metálica.

Una vez alcanzadas las metas propuestas para implementar este proyecto, será necesario garantizar la calidad de los servicios que se presten en el Laboratorio mediante la incursión de un Sistema de Calidad que permita posicionar al Laboratorio a nivel local y regional.

Se conoció que en la ciudad de Cartagena, no existen Laboratorios públicos ni privados de pruebas y ensayos de Ingeniería Civil, con reconocimientos de calidad ni acreditación ISO 17025.

La inversión de tal magnitud para la Universidad determinó establecer una inversión fragmentada en periodos de corto, mediano y largo plazo para los cuales se invierte a medida de la necesidad y el plan de desarrollo de la Universidad de proyectarse y crecer en el tiempo.

Se conocieron los precios de algunas de las empresas distribuidoras de equipos y herramientas para el laboratorio, llegando a la conclusión que las cotizaciones presentadas por la firma PINZUAR LTDA., son las más económicas.

Los costos por personal, capacitaciones, mantenimiento y calibración de equipos, entre otros, hacen parte de la inversión para la implementación del proyecto y son costos que cambian constantemente.

La relación Costo- Beneficio del Proyecto, estableció la importancia de la implementación del laboratorio de suelos y pavimentos al programa, determinando muchas características a favor del proyecto.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIÓN 1: UBICACIÓN DEL PROYECTO

Objetivo:

Definir el lugar apropiado para las instalaciones teniendo en cuenta que los futuros usuarios del Laboratorio transportarán y manipularán agregados pétreos y muestras de suelo para su posterior análisis.

Iniciativas:

- Localizar el laboratorio dentro de un área adecuada para el fácil acceso de los usuarios.
- Disponer de un espacio amplio y aislado en lo posible de las aulas de clase con el fin de reducir el impacto ambiental de contaminación sonora y de residuos sólidos.

RECOMENDACIÓN 2: EQUIPOS DE LABORATORIO

Objetivo:

Establecer las características y especificaciones de cada uno de los equipos necesarios para la realización de los ensayos de Laboratorio.

Iniciativas:

- Adquirir equipos de marcas reconocidas a nivel internacional con soporte técnico en el País.

RECOMENDACIÓN 3: PARÁMETROS DE INVESTIGACIÓN

Objetivo:

Definir cada uno de los parámetros a evaluar en cada una de las áreas, con el fin de dar un mayor cumplimiento a temas claves para la comprensión de la Mecánica de Suelos y Pavimentos.

Iniciativas:

- Realizar la escogencia de éstos parámetros teniendo en cuenta la Mecánica de Suelos básica y los principios fundamentales en el diseño de Pavimentos.
- Tomar como referencia los parámetros evaluados en otras instituciones reconocidas a nivel nacional.

RECOMENDACIÓN 4: DISEÑO DEL LABORATORIO

Objetivo:

Realizar el diseño del Laboratorio teniendo en cuenta las condiciones de operación, seguridad y cantidad de personal así como también las características de cada uno de los equipos que funcionarán en este recinto.

Iniciativas:

- Realizar consultas a expertos en la materia con el propósito de recibir orientaciones adecuadas para un diseño definitivo.
- Tomar como referencia el diseño propuesto en éste trabajo investigativo.

RECOMENDACIÓN 5: SISTEMA DE CALIDAD

Objetivo:

Implementar un Sistema de Calidad que permita un reconocimiento de Acreditación de cada uno de los parámetros escogidos para la realización de las Pruebas y Ensayos de Laboratorio.

Iniciativa:

- Buscar apoyo con el Programa de Ingeniería Industrial para el desarrollo e implementación del Sistema de Calidad.
- Recibir asesorías y capacitaciones de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) para iniciar el proceso de acreditación.

RECOMENDACIÓN 6: UNIVERSIDAD EMPRESARIAL

Objetivo:

Establecer relaciones con empresas del sector de la construcción para el beneficio y fortalecimiento del programa de Ingeniería Civil.

Iniciativa:

- Prestar servicio de consultorías a las empresas que lo requieran, en las áreas de la Mecánica de Suelos y Pavimentos.

RECOMENDACIÓN 7: FUENTE DE INGRESOS

Objetivo:

Permitir la auto-sostenibilidad del Laboratorio en el tiempo con ingresos provenientes de la prestación de servicios de extensión.

Iniciativa:

- Prestar servicio de laboratorio a la comunidad en general.
- Crear un fondo común en donde sean depositados los ingresos provenientes de la prestación de servicios y que servirán para el mantenimiento preventivo de cada uno de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

GALLEGO ARIAS, LIBARDO; GARCÉS CARDENAS, CLAUDIA MARÍA; GARRO COSSIO, OLGA MARÍA. Pavimentos. Medellín: Colección Universidad de Medellín; [s.a]. 47p.

SANCHEZ, FERNANDO. Ensayos para Pavimentos, Guías de Laboratorio. Bogotá; [s.a].

BOWLES, JOSEPH. Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. McGraw Hill: Bogotá; [s.a].

BARRIOS, LUIS. Manual de Ensayos de Laboratorio Mampostería Estructural. 2da. Edición. Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería; 1998.

SANDINO, ALEJANDRO. Hormigón. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería: Bogotá; [s.a].

SANCHEZ, DIEGO. Tecnología del Concreto y del Mortero. 3ra. Edición. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería: Santafé de Bogotá; 1996.

NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL NADF-007-RNAT-2004, QUE ESTABLECE LA CLASIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE MANEJO PARA RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL DISTRITO FEDERAL. Secretaría del Medio Ambiente, Gaceta Oficial del Distrito Federal: México D. F.; 2006.

CONSTRUDATA. Informática para la Construcción. Legis: Bogotá; Septiembre- Noviembre, 2006.

FOLLETOS, MANUALES Y NORMAS:

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR. Plan de Desarrollo Tecnológica 2006, Dirección de Gestión Universitaria: Cartagena, 2002. (Folleto pdf).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. NTC. Quinta actualización. ICONTEC: Bogotá; 2000. (Folletos)

NORMAS DE ENSAYO PARA MATERIALES DE CARRETERAS. INV- E, 1998. (Manuales)

PRINCIPIOS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE. Asphalt Institute: USA; 1992. (Serie de Manuales No. 22).

BAIZÁN, EVARISTO. Como Elaborar un Proyecto. Primera Edición: Centro Regional de Información y Documentación del Principado de Asturias, 2002. (Cuaderno de orientación No. 17).

CARTILLA DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO. ASOPAC: Bogotá, [s.a].

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN, LABORATORIO DE GEOTECNIA. Prácticas de Laboratorio, Mecánica de Suelos I: Cochabamba; 2004. (Guías pdf).

EL SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACIÓN, NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y METROLOGÍA COMO BASE DE LA INFRAESTRUCTURA

DE LA CALIDAD EN COLOMBIA. Superintendencia de Industria y Comercio (SIC): Bogotá; 2004. (Folleto pdf).

SITIOS DE INTERNET:

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO, SIC. Conferencias, Acreditaciones y Formatos; 2004. [Sitio de Internet]. Disponible en: http://www.sic.gov.co/Articulos_Pagina_Principal/Conferencias/2004/Sistema_Nac_Acreditacion_Normalizacion.pdf.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Laboratorio de Geotecnia: Bogotá, 2006. [Sitio de Internet]. Disponible en: <http://sparta.javeriana.edu.co/portal/principal/index>.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Grupo de Geotecnia: Medellín, 2006. [Sitio de Internet]. Disponible en: <http://www.unalmed.edu.co/~geotecni/>

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Laboratorio de Suelos y Pavimentos: Bucaramanga, 2006. [Sitio de Internet]. Disponible en: <http://albatros.uis.edu.co/~pagina/laboratorios/suelos/index.html>

UNIVERSIDAD DEL NORTE. Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción: Barranquilla, 2006. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.uninorte.edu.co>

TESIS DE GRADO:

ARELLANO GARCÍA, ANA MARÍA; LOZANO, CAROLINA; SANDOVAL, JAIRO; Diseño de un sistema de gestión de calidad Iso 9001: 2000 al sistema de bibliotecas de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Tesis (Ingenieros Industriales). Cartagena, Colombia: Universidad Tecnológica de Bolívar, Facultad de Ingeniería, 2006.