

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
MAESTRÍA EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL SOTANO Y SEMISOTANO
DEL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO VILLAVICENCIO
(AVENIDA40 VILLAVICENCIO- META)**

Estudiantes:

Andersson Edward Rodríguez Moreno

Miguel Andrés Capera Hernández

Directora:

Diana Mylena Zambrano Vásquez

Bogotá D.C., marzo de 2026

Dedicatoria y agradecimientos

Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a Dios, por guiarnos y fortalecernos durante cada etapa de este proceso académico y personal.

A nuestras familias, por su amor, paciencia y apoyo incondicional. Su comprensión, ánimo constante y confianza en nosotros fueron fundamentales para alcanzar esta meta.

Agradecemos a la Universidad Santo Tomás y al equipo docente de la Maestría en Patología de la Construcción, por brindarnos una formación integral y las herramientas necesarias para el desarrollo de esta investigación.

Nuestro agradecimiento también se extiende al Centro Comercial Unicentro Villavicencio, por permitirnos realizar el estudio en sus instalaciones y por su colaboración durante el proceso de recolección de información.

Resumen

El presente trabajo de investigación, desarrollado en el marco de la Maestría en Patología de la Construcción de la Universidad Santo Tomás, tuvo como objetivo realizar un diagnóstico patológico integral de los niveles de sótano y semisótano del Centro Comercial Unicentro Villavicencio, edificación de concreto reforzado inaugurada en 2007, localizada sobre la Avenida 40 de la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta.

La metodología adoptó un enfoque aplicado-diagnóstico con alcance descriptivo-analítico, bajo la modalidad de caso de estudio. Se ejecutaron cuatro fases secuenciales: revisión documental, inspección visual sistemática mediante fichas de identificación de lesiones con registro fotográfico, aplicación de ensayos no destructivos de esclerometría en seis elementos estructurales representativos, y análisis de información geotécnica del emplazamiento.

Se identificaron y clasificaron nueve patrones de deterioro, distribuidos en las siguientes categorías según su origen: físico (44,4 %), mecánico (22,2 %), químico (11,1 %), biológico (11,1 %) y antropológico (11,1 %). Las manifestaciones predominantes correspondieron a humedades por filtración en placas de entrepiso y muros de contención, fisuración superficial, eflorescencias por migración de sales, biodeterioro en zonas de baja ventilación y signos incipientes de corrosión en elementos metálicos expuestos. Según su nivel de severidad, el 44,4 % de las lesiones se clasificó como leve, el 44,4 % como moderada y el 11,2 % como alta. Los ensayos de esclerometría arrojaron valores de resistencia superficial del concreto entre 12,25 MPa y 23,04 MPa, con un promedio de 18,75 MPa, indicando conservación general de la capacidad funcional del material, aunque con deterioro superficial diferencial en zonas de humedad permanente.

El análisis geotécnico evidenció que la edificación se asienta sobre un suelo tipo D, con influencia directa del caño Maizaro y precipitaciones anuales superiores a los 4.383 mm, condiciones que explican la recurrencia y distribución espacial de los patrones de deterioro identificados. A partir del diagnóstico, se formuló una propuesta de intervención de carácter preventivo-correctivo y un plan de mantenimiento estructurado. Se concluye que la edificación conserva condiciones generales de estabilidad estructural y funcionalidad; no obstante, la persistencia de lesiones de severidad moderada asociadas a humedad representa un riesgo para su durabilidad a mediano y largo plazo en ausencia de intervención oportuna.

Palabras clave: patología de la construcción, deterioro en estructuras de concreto armado, humedad por filtración, diagnóstico patológico, ensayos no destructivos, estructuras subterráneas, clima tropical húmedo, mantenimiento correctivo y preventivo.

1. Introducción

El deterioro progresivo de las edificaciones constituye una problemática técnica de creciente relevancia en el ámbito de la ingeniería civil, particularmente en estructuras que han superado una década de vida en servicio y que se encuentran emplazadas en entornos con condiciones ambientales y geotécnicas desfavorables. En Colombia, la diversidad climática del territorio genera contextos de exposición altamente agresivos para los materiales de construcción, siendo las zonas de clima tropical húmedo las que presentan mayor incidencia de patologías asociadas a la acción del agua, la humedad relativa elevada y los procesos bioquímicos derivados de estas condiciones (Neville, 2012; Broto, 2005).

La ciudad de Villavicencio, capital del departamento del Meta y puerta de entrada a los Llanos Orientales, se caracteriza por una precipitación media anual superior a los 4.000 mm, una humedad relativa promedio cercana al 80 % y una temperatura media de 27 °C, condiciones que configuran un entorno de alta agresividad para las estructuras de concreto armado (IDEAM, 2023). En este contexto, las edificaciones con niveles enterrados o semienterrados resultan especialmente vulnerables a procesos patológicos asociados a la presión hidrostática, la filtración de agua a través de elementos en contacto con el terreno y la acumulación de humedad en espacios con ventilación deficiente.

El Centro Comercial Unicentro Villavicencio, inaugurado en el año 2007 y concebido como una estructura de concreto reforzado con niveles de sótano y semisótano destinados a parqueaderos e instalaciones técnicas, representa una de las infraestructuras comerciales de mayor relevancia en la región. Con aproximadamente dieciocho años de vida en servicio, la edificación ha sido sometida de manera continua a las condiciones climáticas y geotécnicas propias de su emplazamiento, sin que exista, hasta la fecha, un diagnóstico patológico integral que permita caracterizar el estado de sus elementos constructivos y establecer estrategias de intervención fundamentadas técnicamente.

La patología de la construcción, como disciplina aplicada de la ingeniería civil, ofrece las herramientas metodológicas necesarias para abordar este tipo de evaluaciones de manera sistemática y rigurosa. Mediante la integración de inspección visual, ensayos no destructivos, análisis documental y evaluación del entorno, es posible identificar los mecanismos de deterioro activos, establecer su relación causal con los agentes del entorno y determinar el nivel de riesgo que representan para la durabilidad y funcionalidad de la edificación (ACI 562, 2016; Broto, 2005).

El presente trabajo de investigación desarrolla un estudio patológico integral de los niveles de sótano y semisótano del Centro Comercial Unicentro Villavicencio, con el propósito de identificar y clasificar los patrones de deterioro predominantes, analizar su relación con las condiciones particulares del entorno, y formular una propuesta de intervención y mantenimiento orientada a mitigar los daños existentes y prolongar la vida útil de la edificación. El documento se estructura en los siguientes componentes: planteamiento del problema y objetivos; marco teórico y conceptual; metodología; resultados; discusión; propuesta de intervención; conclusiones y recomendaciones; referencias bibliográficas y anexos.

2. Planteamiento del problema

2.1 Contexto y antecedentes

Las estructuras de concreto armado emplazadas en entornos de clima tropical húmedo están sometidas a condiciones de exposición que aceleran de manera significativa los procesos de deterioro de sus materiales constitutivos. La acción combinada de la humedad relativa elevada, las precipitaciones intensas y sostenidas, la presencia de suelos con alto contenido de humedad y la proximidad a cuerpos de agua superficiales genera un ambiente particularmente agresivo para elementos estructurales y no estructurales, especialmente aquellos en contacto directo con el terreno o ubicados en espacios con ventilación deficiente (Neville, 2012; Matos & Silva, 2020).

En Colombia, este escenario es característico de ciudades como Villavicencio, donde la precipitación media anual supera los 4.000 mm y la humedad relativa promedio se aproxima al 80 % (IDEAM, 2023). Bajo estas condiciones, las edificaciones con niveles enterrados o semienterrados presentan una mayor vulnerabilidad frente a patologías como humedades por filtración, eflorescencias, biodeterioro y procesos iniciales de corrosión en armaduras de acero (ACI 318, 2019; López, 2015).

2.2 Descripción del problema

El Centro Comercial Unicentro Villavicencio, inaugurado en el año 2007 y en operación continua desde entonces, es una estructura de concreto reforzado que cuenta con niveles de sótano y semisótano. Con aproximadamente dieciocho años de vida en servicio, la edificación se ha visto expuesta de manera ininterrumpida a las condiciones climáticas y geotécnicas propias de su emplazamiento, caracterizado por suelos de clasificación tipo D con presencia de depósitos aluviales y la influencia hidrológica del caño Maizaro (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010).

En los niveles de sótano y semisótano se han evidenciado diversas manifestaciones patológicas de carácter recurrente: humedades por filtración activa en placas de entepiso y muros de contención, eflorescencias asociadas a migración de sales, fisuración superficial en elementos de concreto y mampostería, colonización biológica en zonas de baja ventilación y signos incipientes de oxidación en elementos metálicos expuestos. A pesar de la recurrencia y visibilidad de estas manifestaciones, las intervenciones realizadas han sido predominantemente reactivas y de carácter puntual, orientadas a corregir los efectos superficiales del deterioro sin abordar sus causas fundamentales.

2.3 Vacío de conocimiento y pregunta de investigación

La ausencia de un diagnóstico patológico integral y sistemático en los niveles de sótano y semisótano del Centro Comercial Unicentro Villavicencio constituye el problema central de la presente investigación. Esta carencia impide contar con una caracterización técnica fundamentada de los patrones de deterioro presentes, de sus mecanismos de origen y evolución, y de su relación con las condiciones específicas del entorno climático, geotécnico y ambiental del emplazamiento (Broto, 2005; García, 2021).

En consecuencia, la pregunta de investigación que orienta el presente estudio es la siguiente: ¿Cuáles son los patrones de deterioro presentes en los elementos estructurales y no estructurales de los niveles de sótano y semisótano del Centro Comercial Unicentro Villavicencio, cuál es su relación con las condiciones climáticas, geotécnicas y ambientales del entorno, y qué estrategias de intervención y mantenimiento resultan técnicamente adecuadas para mitigar su evolución y prolongar la vida útil de la edificación?

2.4 Justificación

La realización de este estudio se justifica desde tres perspectivas complementarias. En el plano técnico, la identificación y clasificación sistemática de los patrones de deterioro permite fundamentar las decisiones de intervención y optimizar los recursos de mantenimiento. En el plano académico, el trabajo contribuye al conocimiento sobre el comportamiento patológico de estructuras de concreto armado en entornos tropicales húmedos en Colombia. En el plano institucional, el diagnóstico constituye una herramienta de gestión técnica que permite al propietario y administradores del inmueble tomar decisiones informadas sobre su conservación a largo plazo.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Determinar los patrones de deterioro presentes en los elementos estructurales y no estructurales de los niveles de sótano y semisótano del Centro Comercial Unicentro Villavicencio, mediante la aplicación de inspección visual sistemática, ensayos no destructivos y análisis del entorno climático y geotécnico, con el propósito de establecer un diagnóstico patológico técnicamente fundamentado que sirva de base para la formulación de estrategias de intervención y mantenimiento orientadas a preservar la durabilidad y funcionalidad de la edificación.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar y clasificar las manifestaciones patológicas presentes en los niveles de sótano y semisótano del Centro Comercial Unicentro Villavicencio, mediante inspección visual sistemática, fichas de identificación de lesiones y registro fotográfico, determinando para cada lesión su tipo, localización, extensión y nivel de severidad.
- Analizar las causas y mecanismos de deterioro asociados a las patologías detectadas, considerando la influencia de los factores ambientales, geotécnicos, constructivos y de uso de la edificación, con el fin de establecer relaciones causales entre el entorno particular del emplazamiento y los patrones de deterioro identificados.
- Evaluar el estado superficial de los elementos estructurales afectados mediante la aplicación de ensayos no destructivos de esclerometría, determinando la variabilidad de la resistencia superficial del concreto y su relación con las condiciones de exposición a la humedad en los niveles evaluados.
- Comparar el comportamiento patológico identificado en el Centro Comercial Unicentro Villavicencio con antecedentes documentados de edificaciones de concreto armado con características constructivas y de entorno similares, con el propósito de contextualizar los hallazgos y validar el diagnóstico realizado.
- Formular una propuesta de intervención preventivo-correctiva y un plan de mantenimiento estructurado, sustentados en el diagnóstico patológico realizado, que establezcan acciones priorizadas según el origen, la severidad y la localización de los patrones de deterioro identificados.

4. Marco teórico y conceptual

4.1 Estado del arte

4.1.1 Investigaciones sobre patología de estructuras en entornos tropicales húmedos

El deterioro de estructuras de concreto armado en climas tropicales húmedos ha sido objeto de estudio sistemático en las últimas décadas, dada la alta incidencia de patologías asociadas a la acción del agua y la humedad en este tipo de entornos. Matos y Silva (2020) documentaron que la exposición prolongada a condiciones de alta humedad relativa y precipitación intensa acelera significativamente los procesos de carbonatación superficial, penetración de cloruros y migración de sales en estructuras de concreto, reduciendo su vida útil proyectada entre un 20 % y un 35 % respecto a estructuras en climas templados.

En el contexto latinoamericano, García (2021) reportó patrones de deterioro similares en estructuras urbanas de Villavicencio, identificando la humedad por filtración como el mecanismo patológico predominante en edificaciones con elementos enterrados, seguida por eflorescencias y biodeterioro. A nivel internacional, Hassan y Al-Nasra (2020) estudiaron los patrones morfológicos de fisuración en estructuras de concreto, aportando criterios diagnósticos de amplia aplicación en inspecciones patológicas. Huang, Zhang y Li (2015) analizaron los mecanismos electroquímicos de la corrosión del acero de refuerzo, determinando que la velocidad de corrosión se incrementa exponencialmente cuando la humedad relativa del entorno supera el 60 %.

En cuanto al biodeterioro, López (2018) documentó que la colonización de microorganismos en superficies de concreto y mampostería genera ácidos orgánicos que degradan la matriz cementante superficial y favorecen la retención de humedad, acelerando otros mecanismos de deterioro. Este proceso es particularmente activo en entornos con temperatura media superior a 25 °C y humedad relativa superior al 70 %.

4.1.2 Antecedentes sobre diagnóstico en estructuras comerciales subterráneas

Cabrera y García (2017) identificaron que en estructuras de concreto con más de diez años de servicio en zonas tropicales, la combinación de presión hidrostática, deficiencias en juntas constructivas y ausencia de mantenimiento preventivo sistemático genera un patrón de deterioro progresivo que puede comprometer la durabilidad de los elementos estructurales en plazos de cinco a diez años. Vanderghem, Jacobs y Vanherpe (2013) estudiaron en detalle la formación de eflorescencias salinas en materiales porosos, estableciendo que su presencia es indicativa de trayectorias activas de transporte de agua a través de la red capilar del concreto y la mampostería. Castro (2012) propuso modelos estadísticos para la predicción del deterioro en estructuras de concreto a partir de datos de esclerometría, señalando que la variabilidad espacial de los valores de rebote es un indicador sensible de la presencia de deterioro superficial diferencial.

4.2 Fundamentos teóricos

4.2.1 Patología de la construcción como disciplina

La patología de la construcción es la disciplina técnica que estudia las causas, manifestaciones y consecuencias de los daños que afectan a las edificaciones a lo largo de su vida útil, así como los métodos de diagnóstico, prevención y corrección de dichos daños. Su propósito central es comprender los mecanismos de deterioro que comprometen el desempeño, la durabilidad y la seguridad de las estructuras, permitiendo establecer estrategias de intervención fundamentadas técnicamente (Broto, 2005; ACI 562, 2016).

4.2.2 Deterioro en estructuras de concreto armado

El deterioro se define como la pérdida progresiva de las propiedades físicas, mecánicas y funcionales de los materiales y elementos constructivos, resultado de la acción combinada de agentes físicos, químicos, biológicos y mecánicos (Neville, 2012). En estructuras de concreto armado, los mecanismos más relevantes para entornos tropicales húmedos son: fisuración por retracción y variaciones térmicas, carbonatación superficial, penetración de agentes agresivos, corrosión electroquímica de armaduras y pérdida de recubrimiento (ACI 318, 2019; ACI 546R, 2020).

La norma NSR-10 establece los requisitos mínimos de durabilidad para estructuras de concreto según las condiciones de exposición, siendo las estructuras enterradas en suelos húmedos las que demandan mayores exigencias de diseño y control de materiales (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010).

4.2.3 Clasificación de los patrones de deterioro

Los patrones de deterioro de origen físico agrupan las patologías asociadas a la acción del agua en sus diferentes formas: humedad por filtración, ascenso capilar, condensación y humedades accidentales. Los de origen mecánico comprenden la fisuración, el agrietamiento y las deformaciones excesivas originadas por acciones de carga, asentamientos o variaciones térmicas (Hassan & Al-Nasra, 2020). Los de origen químico incluyen la carbonatación, la penetración de cloruros y la formación de eflorescencias; la carbonatación reduce el pH de la pasta de cemento comprometiendo la capa pasivante que protege las armaduras (Huang et al., 2015; ACI 546R, 2020). Los de origen biológico se asocian a la colonización de microorganismos que generan ácidos orgánicos y aceleran la degradación superficial (López, 2018). Los de origen antropológico engloban los daños derivados de deficiencias en el diseño, errores de ejecución o ausencia de mantenimiento preventivo (Broto, 2005).

4.2.4 Diagnóstico patológico y ensayos no destructivos

El diagnóstico patológico integra la inspección visual, ensayos no destructivos, análisis documental y evaluación del entorno (ACI 562, 2016; ACI 357R, 2014). La esclerometría, normalizada por la norma ASTM C805, permite estimar la resistencia superficial del concreto mediante la medición del rebote de un martillo al impactar la superficie del elemento. Castro (2012) señala que la variabilidad espacial de los valores de rebote es un indicador sensible de la heterogeneidad del material y de la presencia de deterioro superficial diferencial.

4.2.5 Influencia del entorno geotécnico y climático

La clasificación del suelo tipo D según la NSR-10 — depósitos aluviales con presencia de estratos granulares y cohesivos — determina la vulnerabilidad de la edificación frente a procesos de humedecimiento y variación del nivel freático (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010). La proximidad del caño Maizaro al predio del Centro Comercial Unicentro Villavicencio introduce fluctuaciones estacionales del nivel freático que incrementan la presión hidrostática sobre las estructuras enterradas durante los períodos de mayor precipitación, condición coherente con la distribución espacial de los patrones de deterioro identificados (IDEAM, 2023; García, 2021).

5. Metodología

5.1 Enfoque y tipo de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado-diagnóstico, con un alcance descriptivo-analítico, orientado al estudio patológico de una edificación existente. El estudio se abordó bajo la modalidad de caso de estudio único, estrategia metodológica apropiada cuando se pretende comprender en profundidad un fenómeno complejo en su contexto real (Yin, 2018). La elección del Centro Comercial Unicentro Villavicencio como caso de estudio responde a criterios de representatividad tipológica, relevancia técnica y pertinencia académica.

5.2 Alcance de la investigación

El alcance se delimitó a los niveles de sótano 1, sótano 2 y semisótano, por ser las zonas donde se concentran las principales manifestaciones patológicas. El estudio comprendió tanto elementos estructurales — muros de contención, placas, vigas y columnas — como elementos no estructurales — acabados, revestimientos y mampostería —. Se establecen las siguientes delimitaciones explícitas: no se realizó análisis estructural ni recálculo de capacidades portantes; los ensayos de esclerometría tienen carácter diagnóstico preliminar; no se realizaron ensayos destructivos ni extracción de núcleos; la propuesta de intervención tiene carácter técnico-orientativo y no constituye un proyecto ejecutivo de obra.

5.3 Fases metodológicas

5.3.1 Fase 1 — Revisión documental

Se realizó la recopilación y análisis crítico de información documental en tres grupos: documentación técnica de la edificación — planos y memorias disponibles —; normativa técnica aplicable — NSR-10, ACI 318-19, ACI 562-16, ACI 546R-20 y ACI 357R-14 —; y antecedentes académicos e investigativos sobre patología de estructuras de concreto en entornos tropicales húmedos.

5.3.2 Fase 2 — Inspección visual y levantamiento de lesiones

Se efectuó una inspección visual sistemática en los niveles de sótano 1, sótano 2 y semisótano, utilizando fichas de identificación de lesiones adaptadas de Broto (2005). Cada ficha incluye los siguientes campos: código de lesión, zona y elemento afectado, tipo de lesión según su origen, descripción de la manifestación, extensión aproximada, nivel de severidad, causa probable, relación con patologías asociadas y registro fotográfico vinculado.

La clasificación de la severidad de cada lesión se realizó aplicando los siguientes criterios, definidos a partir del ACI 562-16 y de la metodología de Broto (2005): severidad leve — lesión superficial sin riesgo inmediato para la durabilidad, requiere seguimiento y mantenimiento preventivo —; severidad moderada — lesión con actividad progresiva e impacto sobre la durabilidad, requiere intervención correctiva planificada —; severidad alta — lesión activa con afectación de elementos estructurales o riesgo de progresión acelerada, requiere intervención correctiva prioritaria.

5.3.3 Fase 3 — Ensayos no destructivos de esclerometría

Se aplicaron ensayos de esclerometría siguiendo el protocolo de la norma ASTM C805 sobre seis elementos estructurales representativos. El protocolo aplicado en cada punto comprende: preparación de la superficie mediante limpieza y eliminación de recubrimientos sueltos; verificación de la calibración con el yunque patrón; aplicación de un mínimo de dieciséis impactos por punto de ensayo; descarte de valores atípicos con desviación superior al 20 %

respecto a la mediana; y estimación de la resistencia superficial mediante la curva de correlación del fabricante con corrección por ángulo de incidencia. Se utilizó detector de acero para evitar ensayos sobre zonas con refuerzo subyacente.

5.3.4 Fase 4 — Análisis geotécnico y del entorno

Se analizó la información geotécnica disponible del emplazamiento, incluyendo la clasificación del perfil de suelo, la presencia de estratos con potencial de acumulación de humedad y la influencia del caño Maizaro. Esta información se complementó con datos climatológicos del IDEAM (2023) sobre precipitación media anual, humedad relativa promedio y temperatura media mensual de Villavicencio.

5.3.5 Fase 5 — Diagnóstico patológico y propuesta de intervención

La fase final integró los resultados de las cuatro fases anteriores en un diagnóstico patológico consolidado, que incluyó análisis estadístico descriptivo, discusión de causas y mecanismos, evaluación de severidad y distribución espacial, y comparación con antecedentes. A partir del diagnóstico, se formuló la propuesta de intervención y el plan de mantenimiento.

5.4 Criterios de validez del estudio

La validez interna del diagnóstico se sustentó en la triangulación de fuentes, estrategia que consiste en contrastar los hallazgos obtenidos mediante diferentes técnicas de recolección — inspección visual, ensayos no destructivos y análisis del entorno — para verificar la consistencia de los resultados (Yin, 2018). La validez externa se abordó mediante la comparación sistemática con antecedentes documentados de edificaciones análogas, permitiendo establecer la transferibilidad analítica de los resultados.

6. Resultados

6.1 Resultados de la inspección visual y levantamiento de lesiones

La inspección visual sistemática permitió identificar y registrar un total de nueve lesiones, codificadas y clasificadas según su origen mediante fichas de identificación de lesiones. A continuación se describe cada lesión con su código, localización, manifestación observada y causa probable.

LM1 — Fisura superficial en muro de contención (origen mecánico)

Se presenta fisura superficial en el muro de contención del sótano 2, en el sector que colinda con la rampa de acceso. La lesión no evidencia desplazamiento diferencial apreciable entre bordes ni patologías secundarias asociadas al momento de la inspección. Su origen se atribuye a retracción del concreto, variaciones térmicas y asentamientos diferenciales controlados compatibles con la vida en servicio de la edificación.

LM2 — Fisura superficial en muros de fachada (origen mecánico)

Se registran fisuras superficiales en los muros de fachada sobre la Avenida 40, con patrón lineal sin desplazamiento apreciable ni patologías secundarias evidentes. Su origen incluye retracción del concreto, ciclos térmicos y exposición atmosférica.

LF1 — Humedad por filtración en placa de entrepiso sótano 1 — sótano 2 (origen físico)

Se identifica humedad activa por filtración en la placa de entrepiso entre los niveles de sótano 1 y sótano 2, manifestada como manchas de humedad, depósitos de suciedad y desprendimiento parcial de recubrimientos. Evidencia trayectorias activas de ingreso de agua por deficiencias en el sistema de impermeabilización.

LF2 — Filtraciones en muros de contención de tanques (origen físico)

Los muros de contención de los tanques 1 y 2 del sótano 2 presentan filtraciones activas con múltiples patologías secundarias concurrentes: depósitos de suciedad, eflorescencias, signos incipientes de oxidación en elementos metálicos expuestos y erosión química por microorganismos. Esta lesión constituye el caso de mayor complejidad patológica del conjunto, con clasificación de severidad alta.

LF3 — Humedad por filtración en placa de entrepiso piso 1 — sótano 1 (origen físico)

La placa de entrepiso entre piso 1 y sótano 1 presenta humedad por filtración con patologías secundarias: suciedad por depósito, fisuras en el acabado, eflorescencias, signos de oxidación y erosión química por microorganismos. La concurrencia de lesiones secundarias indica una trayectoria de filtración de larga data sin intervención efectiva.

LF4 — Humedades en muro de fachada — cubierta plana (origen físico)

Se evidencian manchas de humedad por filtración en el muro de fachada en el sector de ingreso a la cubierta plana, asociadas a deficiencias en remates impermeables y al manejo de escurrimientos en la transición fachada-cubierta.

LQ1 — Eflorescencias (origen químico)

Se identifican eflorescencias en muros y placas de los sótanos 1 y 2, manifestadas como depósitos salinos de coloración blanquecina. Su presencia es indicativa de procesos activos de migración de sales disueltas a través de la red capilar de los materiales, activados por la humedad permanente.

LB1 — Presencia de moho y biodeterioro (origen biológico)

Se registra colonización biológica en muros de fachada exterior y zonas de baja ventilación, con manifestaciones de moho, erosión atmosférica superficial, fisuras en acabados y ataque biológico en juntas de mampostería. Se relaciona con la ausencia de hidroprotección y la alta humedad relativa del entorno.

LA1 — Falta de mantenimiento preventivo (origen antropológico)

Se identifica envejecimiento prematuro de materiales en zonas expuestas y estructuras enterradas, atribuible a la ausencia de actividades de mantenimiento preventivo en los períodos recomendados. Constituye un factor potenciador del deterioro global de la edificación.

6.2 Identificación y clasificación de los patrones de deterioro

Con base en el levantamiento de lesiones, los patrones de deterioro se clasificaron según su origen, elemento afectado, manifestación y causa probable, tal como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de resultados de identificación y clasificación de los patrones de deterioro.

Origen	Código	Patrón	Elemento afectado	Causa probable	Severidad
Mecánico	LM1	Fisuración superficial	Muro contención sótano 2	Retracción, variaciones térmicas	Moderada
Mecánico	LM2	Fisuración superficial	Muros fachada Av. 40	Retracción, ciclos térmicos	Leve
Físico	LF1	Humedad por filtración	Placa sótano 1–sótano 2	Deficiencias en impermeabilización	Moderada
Físico	LF2	Humedad por filtración	Muros tanques sótano 2	Presión hidrostática	Alta
Físico	LF3	Humedad por filtración	Placa piso 1–sótano 1	Deficiencias en impermeabilización	Moderada
Físico	LF4	Humedad por filtración	Muro fachada–cubierta	Deficiencias en remates	Leve
Químico	LQ1	Eflorescencias	Muros y placas sótanos	Migración de sales por humedad	Moderada
Biológico	LB1	Biodeterioro	Fachada y zonas baja ventilación	Alta humedad, sin hidroprotección	Leve
Antropológico	LA1	Déficit mantenimiento	Zonas expuestas y enterradas	Ausencia mantenimiento preventivo	Leve

Nota. Elaboración propia a partir de la inspección visual sistemática.

La distribución por origen se presenta en la Tabla 2 y la Figura 1.

Tabla 2. Frecuencia de patrones de deterioro identificados según su origen.

Origen del deterioro	Códigos asociados	Número de lesiones	Porcentaje (%)
Mecánico	LM1, LM2	2	22,2
Físico	LF1, LF2, LF3, LF4	4	44,4
Químico	LQ1	1	11,1
Biológico	LB1	1	11,1
Antropológico	LA1	1	11,1
Total	—	9	100

Nota. Elaboración propia.

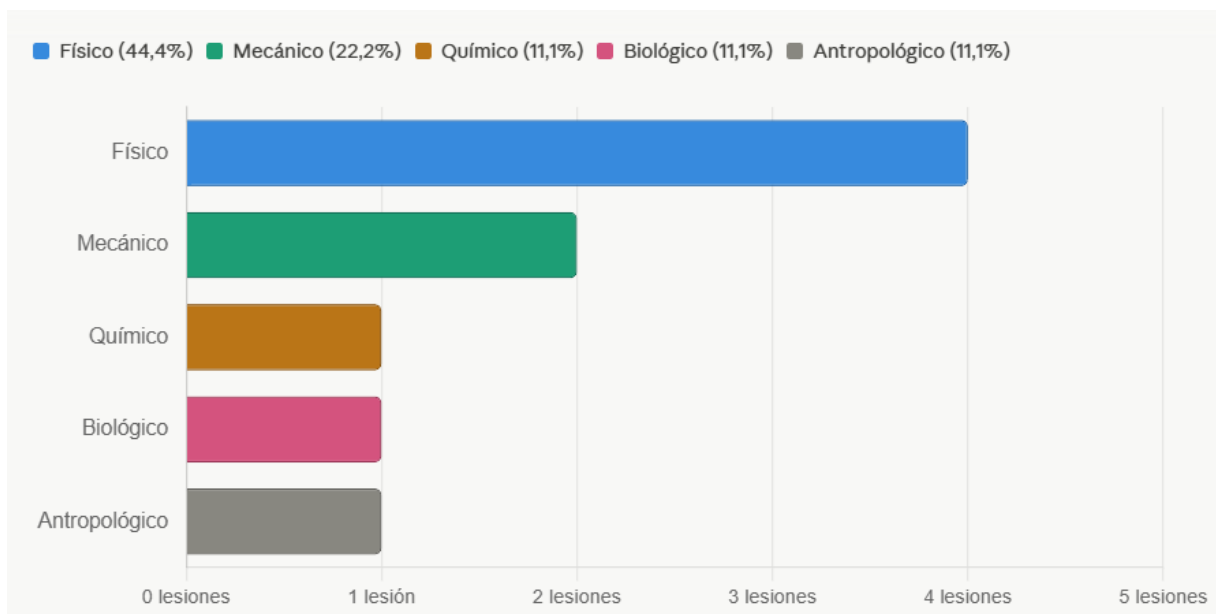


Figura 1. Frecuencia de los patrones de deterioro según su origen. Fuente: elaboración propia.

La Figura 1 confirma que los patrones de origen físico son los predominantes con el 44,4 % del total, seguidos por los de origen mecánico con el 22,2 %, mientras que los de origen químico, biológico y antropológico aportan el 11,1 % cada uno.

6.3 Análisis de la severidad de las lesiones

La clasificación de las nueve lesiones según su nivel de severidad se presenta en la Tabla 3 y la Figura 2.

Tabla 3. Clasificación de las lesiones según su nivel de severidad.

Nivel de severidad	Lesiones	Número	Porcentaje (%)
Leve	LM2, LF4, LB1, LA1	4	44,4
Moderada	LM1, LF1, LF3, LQ1	4	44,4
Alta	LF2	1	11,2
Total	—	9	100

Nota. Elaboración propia. Severidad establecida según ACI 562-16 y Broto (2005).

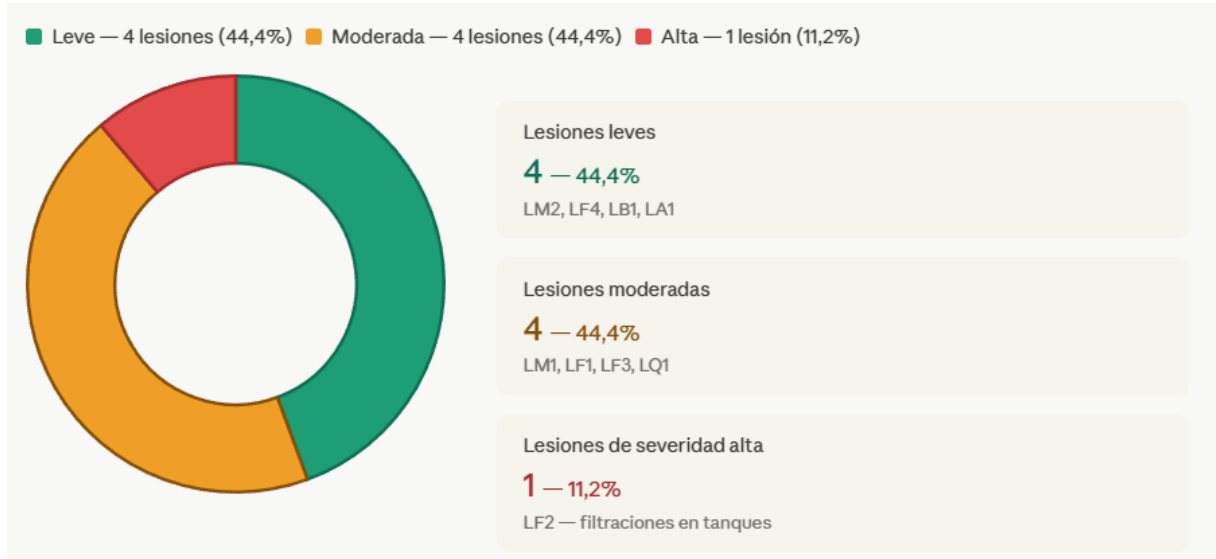


Figura 2. Clasificación de las lesiones según su nivel de severidad. Fuente: elaboración propia.

La Figura 2 evidencia que el 88,8 % de las lesiones se concentra en los niveles de severidad leve y moderada. La única lesión de severidad alta corresponde a LF2, que concentra el mayor número de mecanismos de deterioro concurrentes y el mayor riesgo de progresión acelerada.

6.4 Distribución espacial de las patologías

La distribución de los patrones de deterioro por zona evaluada se presenta en la Tabla 4 y la Figura 3.

Tabla 4. Distribución de los patrones de deterioro por zona evaluada.

Zona de la edificación	Lesiones identificadas	Número de lesiones
Sótano 2	LM1, LF2, LQ1	3
Sótano 1	LF1, LF3	2
Fachadas y zonas expuestas	LM2, LF4, LB1	3
Áreas generales	LA1	1
Total	—	9

Nota. Elaboración propia. Zonificación según lugar principal de manifestación de cada patología.



Figura 3. Distribución de las lesiones por zona evaluada. Fuente: elaboración propia.

La mayor concentración de lesiones se presenta en el sótano 2 y en las fachadas y zonas expuestas — tres lesiones en cada zona —. Esta distribución responde a dos mecanismos diferenciados: en los sótanos actúa la presión hidrostática del suelo saturado tipo D; en fachadas actúa la exposición directa a lluvia y humedad ambiental en ausencia de hidrotección superficial.

6.5 Resultados de los ensayos no destructivos de esclerometría

Los ensayos de esclerometría se aplicaron sobre seis elementos estructurales con dieciséis impactos por elemento, siguiendo el protocolo ASTM C805. Los estadísticos descriptivos se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de la resistencia superficial del concreto — esclerometría.

Parámetro estadístico	Valor
Número de elementos evaluados	6
Valor mínimo (MPa)	12,25
Valor máximo (MPa)	23,04
Valor promedio (MPa)	18,75
Rango (MPa)	10,79

Nota. Elaboración propia a partir de ensayos realizados según ASTM C805.

Los valores más bajos se registraron en elementos con mayor exposición permanente a la humedad — sótano 2, zona de LF2 —, evidenciando deterioro superficial diferencial activo. En términos generales, los valores promedio son compatibles con resistencias funcionales para concreto estructural, sin evidenciar pérdidas críticas de capacidad portante al momento de la inspección.

6.6 Resultados del análisis geotécnico y del entorno

El análisis geotécnico evidenció que la edificación se asienta sobre un perfil de suelo tipo D según la NSR-10, conformado por depósitos aluviales con presencia de cantos rodados, gravas, arenas, limos y arcillas. Se tomaron tres muestras no alteradas hasta una profundidad de seis metros, con ensayos SPT cada 1,5 metros. Los parámetros más relevantes se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Resumen de aspectos relevantes del estudio geotécnico.

Parámetro	Descripción
Clasificación NSR-10	Tipo D — depósitos aluviales
Composición predominante	Cantos rodados, gravas, arenas, limos y arcillas
Profundidad de exploración	6 metros con ensayos SPT cada 1,5 m
Cuerpo de agua adyacente	Caño Maizaro — costado noroeste del predio
Precipitación media anual	4.383 mm (IDEAM, 2023)
Humedad relativa promedio anual	67 % – 83 % (IDEAM, 2023)
Temperatura media	25,5 °C
Implicación para la edificación	Alto riesgo de presión hidrostática en elementos enterrados

Nota. Elaboración propia a partir del estudio geotécnico consultado e información IDEAM (2023).

La proximidad del caño Maizaro y el suelo tipo D de baja compacidad generan presión hidrostática activa sobre muros de contención y placas de fondo durante la mayor parte del año, explicando la recurrencia y concentración de los patrones de deterioro físico en el sótano 2 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010).

7. Discusión

7.1 Análisis general del comportamiento patológico

Los resultados del diagnóstico evidencian un comportamiento patológico consistente con el de estructuras de concreto armado con elementos enterrados en entornos tropicales húmedos de alta pluviosidad. La predominancia de patrones de origen físico — 44,4 % del total — es coherente con lo reportado por Matos y Silva (2020) para estructuras subterráneas expuestas a alta pluviosidad y suelos aluviales. La edificación cuenta con aproximadamente dieciocho años de servicio, período durante el cual los sistemas de impermeabilización originales han superado o se encuentran próximos a superar su vida útil proyectada, estimada entre quince y veinte años para condiciones de exposición continua (ACI 546R, 2020).

7.2 Discusión de los patrones de deterioro predominantes

La lesión LF2 constituye el caso de mayor complejidad diagnóstica, con cinco mecanismos concurrentes activos: filtración por presión hidrostática, migración de sales, eflorescencias, oxidación incipiente y erosión química por microorganismos. Esta concurrencia evidencia un proceso de deterioro en cascada — descrito por Neville (2012) — en el que la humedad persistente activa secuencialmente los mecanismos de deterioro químico y biológico. Las eflorescencias identificadas en LQ1 confirman trayectorias activas de transporte de agua a través de la red capilar, con implicaciones sobre la alcalinidad de la pasta de cemento que pueden comprometer la protección de las armaduras (Vanderghem et al., 2013; Huang et al., 2015). El biodeterioro de LB1 en fachada es consistente con lo documentado por López (2018) para entornos con temperatura superior a 25 °C y humedad relativa sostenida superior al 70 %.

7.3 Análisis de la severidad

El 88,8 % de las lesiones en niveles leve y moderado permite afirmar que la edificación no presenta daños que comprometan su estabilidad estructural inmediata. Sin embargo, la coexistencia de lesiones moderadas en zonas adyacentes del sótano 2 genera sinergias entre mecanismos que pueden reducir hasta en un 40 % el tiempo de iniciación de la corrosión respecto a lo que cada mecanismo produciría de forma aislada (Neville, 2012). La severidad actual no refleja el potencial de evolución futura: en el entorno climático de Villavicencio, la exposición permanente a alta pluviosidad elimina los períodos de secado que actúan como reguladores naturales del deterioro (Matos & Silva, 2020).

7.4 Distribución espacial y relación con el entorno

La concentración de lesiones en el sótano 2 responde a la presión hidrostática del suelo saturado tipo D potenciada por el caño Maizaro. En fachadas, el factor dominante es la exposición directa a la lluvia sin hidrotección. Esta diferenciación espacial tiene implicaciones directas para la intervención: en sótanos se requieren sistemas de impermeabilización resistentes a presión hidrostática negativa; en fachadas se necesitan sistemas de protección superficial transpirables (ACI 562, 2016).

7.5 Esclerometría y diagnóstico

La diferencia de 10,79 MPa entre los valores extremos de esclerometría es diagnósticamente relevante: evidencia deterioro superficial diferencial que sigue el mismo patrón espacial de las lesiones de humedad. La reducción de resistencia en zonas húmedas es coherente con la lixiviación del hidróxido de calcio y el inicio de la carbonatación superficial documentados por Huang et al. (2015) y Neville (2012).

7.6 Comparación con antecedentes

El comportamiento patológico observado presenta concordancias con García (2021) en estructuras de Villavicencio, con Matos y Silva (2020) para estructuras en trópico húmedo — quienes establecen que la vida útil de los sistemas de impermeabilización se reduce entre 25 % y 35 % respecto a climas templados —, y con Katz (2017) en estructuras de alta pluviosidad, donde la probabilidad de iniciación de corrosión en zonas con fisuras y humedad permanente supera el 60 % en edificaciones con más de quince años de servicio. Esta comparación confirma que los patrones identificados no son atípicos sino predecibles para este tipo de entorno.

7.7 Limitaciones del estudio

Se reconocen tres limitaciones principales: la muestra de seis elementos en esclerometría tiene carácter diagnóstico preliminar y no permite caracterización estadísticamente representativa de toda la edificación; la ausencia de planos con el f'c de diseño impide comparar los valores de esclerometría con la resistencia original especificada; y la no realización de ensayos complementarios — carbonatometría con fenolftaleína y extracción de núcleos — limita la caracterización de los mecanismos activos de deterioro, especialmente en lo referente al frente de carbonatación.

8. Propuesta de intervención

8.1 Enfoque general

La propuesta adopta un enfoque preventivo-correctivo orientado a eliminar o controlar las causas que originan las lesiones, interrumpir los mecanismos de deterioro activos y establecer condiciones que prevengan la recurrencia de las patologías intervenidas (ACI 562, 2016; Broto, 2005). Se estructura en acciones correctivas y preventivas específicas por lesión, complementadas con un plan de mantenimiento de largo plazo.

8.2 Criterios técnicos de intervención

- Prioridad según severidad y riesgo de evolución: LF2 recibe prioridad alta por concentrar cinco mecanismos concurrentes activos.
- Compatibilidad de materiales: sistemas física y químicamente compatibles con el concreto y mampostería existentes.
- Eliminación de la causa antes de tratar el efecto: ninguna intervención superficial sin control previo de la fuente de humedad.
- Intervención mínima necesaria: soluciones localizadas sin alteraciones innecesarias de elementos estructurales (ACI 562-16).
- Durabilidad: sistemas con vida útil acorde a las condiciones de exposición del entorno.
- Seguridad y continuidad operativa del centro comercial.

8.3 Líneas de intervención por patrón de deterioro

8.3.1 Control de humedades por filtración — LF1, LF2, LF3, LF4 — Prioridad alta

Para las placas de entepiso LF1 y LF3: rehabilitación del sistema de impermeabilización mediante sistema cristalizante de penetración activa, previo sellado de fisuras con mortero epóxico o poliuretánico y corrección de pendientes con mortero autonivelante. Para los muros de contención de tanques LF2 — prioridad alta —: sistema de impermeabilización rígido-flexible con resistencia a presión hidrostática negativa, sellado de juntas con mortero poliuretánico expansivo y protección de elementos metálicos con inhibidor de corrosión de base epoxi. Para el muro de fachada LF4: rehabilitación de remates impermeables con sellante de alta flexibilidad y revisión de sumideros (ACI 546R, 2020).

8.3.2 Tratamiento de fisuras — LM1 y LM2 — Prioridad media

Para fisuras muertas en elementos interiores LM1: sellado con mortero epóxico rígido de alta adherencia. Para fisuras en fachada LM2: sellante elastomérico de poliuretano con capacidad de deformación del 25 % al 50 %, seguido de recubrimiento superficial transpirable. Protocolo según ACI 224R y ACI 546R-20.

8.3.3 Eliminación de eflorescencias — LQ1 — Prioridad media

Intervención posterior al control de fuentes de humedad. Remoción mecánica en seco con cepillo metálico, aplicación de consolidante de penetración — siloxano o silicato de etilo — y recubrimiento hidrorrepelente transpirable compatible con el sustrato.

8.3.4 Control del biodeterioro — LB1 — Prioridad media

Tratamiento biocida de base cuaternaria de amonio al 10 %, tiempo de actuación mínimo de treinta minutos, lavado a presión y aplicación de sistema de hidrotección transpirable específico para mampostería de ladrillo visto. Complementariamente, evaluación y mejora de

sistemas de ventilación mecánica para reducir la humedad relativa interior por debajo del 70 % (López, 2018).

8.3.5 Protección de elementos metálicos — LF2 — Prioridad alta

Limpieza mecánica hasta grado St 2 o Sa 2 según ISO 8501-1; aplicación de imprimante epóxico con inhibidores de corrosión de zinc fosfato dentro de las cuatro horas siguientes; capa de acabado con pintura epóxica de dos componentes con espesor mínimo de película seca de 100 micras.

8.4 Cuadro resumen de la propuesta de intervención

Tabla 7. Resumen de acciones propuestas según patrón de deterioro.

Lesión	Patrón	Acción propuesta	Tipo	Prioridad
LF2	Filtraciones tanques	Impermeabilización interior + sellado juntas + protección metales	Correctiva–preventiva	Alta
LF1	Filtración placa sótano 1–2	Impermeabilización cristalizante + corrección pendientes	Correctiva–preventiva	Alta
LF3	Filtración placa piso 1–sótano 1	Impermeabilización cristalizante + sellado fisuras	Correctiva–preventiva	Alta
LA1	Déficit mantenimiento	Implementación plan de mantenimiento	Preventiva	Alta
LM1	Fisura muro contención	Sellado con mortero epóxico rígido	Preventiva	Media
LM2	Fisura fachada	Sellante elastomérico + recubrimiento transpirable	Preventiva	Media
LQ1	Eflorescencias	Remoción mecánica + consolidante + hidrorrepelente	Correctiva	Media
LB1	Biodeterioro	Biocida + hidrotección + mejora ventilación	Correctiva–preventiva	Media
LF4	Filtración fachada–cubierta	Rehabilitación remates + sellado juntas	Correctiva–preventiva	Media

Nota. Elaboración propia. Prioridad establecida según severidad, recurrencia e impacto potencial sobre la durabilidad.

8.5 Plan de mantenimiento preventivo y correctivo

Tabla 8. Plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

Frecuencia	Actividad	Zona	Responsable	Indicador de alerta
Mensual	Inspección visual zonas de filtración	Placas entepiso,	Personal técnico	Manchas nuevas, goteo activo

Frecuencia	Actividad	Zona	Responsable	Indicador de alerta
		muros tanques		
Mensual	Limpieza sumideros y desagües	Cubierta, sótanos	Personal operativo	Acumulación de agua
Mensual	Revisión ventilación mecánica	Sótanos	Personal técnico	Reducción caudal de aire
Semestral	Inspección visual con ficha de lesiones	Totalidad sótanos y fachadas	Especialista en patología	Nuevas fisuras, reaparición eflorescencias
Semestral	Mantenimiento impermeabilización	Placas, muros, cubierta	Contratista especializado	Desprendimientos, filtraciones recurrentes
Semestral	Tratamiento biocida preventivo	Fachadas y baja ventilación	Contratista especializado	Colonización biológica visible
Anual	Inspección técnica completa con informe	Totalidad de la edificación	Profesional especialista	Cualquier hallazgo nuevo
Anual	Revisión sellantes y juntas	Juntas de dilatación, remates	Contratista especializado	Agrietamiento del sellante
Anual	Revisión protección anticorrosiva	Metales en sótanos	Personal técnico	Puntos de óxido visibles
Cada 5 años	Evaluación patológica integral con END	Elementos estructurales	Profesional especialista	Resultados fuera del rango de referencia

Nota. Elaboración propia.

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

9.1.1 Sobre la identificación y clasificación de los patrones de deterioro

El diagnóstico patológico integral permitió identificar y clasificar nueve patrones de deterioro distribuidos en cinco categorías de origen. Los patrones de origen físico son los predominantes con el 44,4 % del total, confirmando que la acción del agua es el principal agente de deterioro en los niveles evaluados. El 88,8 % de las lesiones corresponde a niveles leve y moderado, sin comprometer la estabilidad estructural inmediata, aunque la persistencia de lesiones moderadas representa un riesgo para la durabilidad de los materiales a mediano plazo si no se implementan medidas de intervención oportunas.

9.1.2 Sobre las causas y mecanismos de deterioro

Las patologías identificadas responden a la interacción multifactorial entre agentes del entorno, condiciones constructivas y déficit de mantenimiento. La lesión LF2 evidencia el mayor grado de complejidad causal con cinco mecanismos concurrentes activos, resultado de una trayectoria de filtración de larga data sin intervención efectiva. La identificación del deterioro de origen antropológico como factor potenciador es un hallazgo relevante: la ausencia de mantenimiento preventivo ha permitido la evolución de lesiones inicialmente leves hacia estadios de mayor severidad y costo de corrección.

9.1.3 Sobre la evaluación mediante esclerometría

Los valores de resistencia superficial entre 12,25 MPa y 23,04 MPa con promedio de 18,75 MPa indican conservación general de la capacidad funcional del concreto sin pérdidas críticas inmediatas de capacidad portante. La variabilidad de 10,79 MPa confirma deterioro superficial diferencial activo cuya distribución espacial coincide con los patrones de lesiones de humedad identificados.

9.1.4 Sobre la relación con el entorno

La correlación entre la distribución espacial de las lesiones y las condiciones del suelo tipo D, la influencia del caño Maizaro y la precipitación media anual de 4.383 mm es directa y consistente con los antecedentes documentados. El emplazamiento de la edificación constituye un factor de riesgo patológico permanente que debe ser considerado en todos los programas futuros de inspección y mantenimiento (IDEAM, 2023; Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010).

9.1.5 Sobre la comparación con antecedentes

El comportamiento patológico no constituye un caso aislado sino la expresión predecible del deterioro de estructuras análogas en este entorno climático y geotécnico, validando el diagnóstico realizado y confirmando la pertinencia de las estrategias de intervención propuestas (García, 2021; Matos & Silva, 2020; Katz, 2017).

9.1.6 Sobre la propuesta de intervención

La propuesta preventivo-correctiva es técnicamente viable y compatible con la continuidad operativa del centro comercial. El plan de mantenimiento estructurado representa un cambio fundamental del modelo de gestión técnica — de reactivo a preventivo —, estimado en una reducción del 30 % al 40 % en los costos de mantenimiento a mediano plazo (Cabrera & García, 2017).

9.2 Recomendaciones

9.2.1 Para la administración y propietarios

- Implementar la propuesta de intervención siguiendo el orden de prioridades establecido, iniciando con las lesiones LF1, LF2, LF3 y LA1 en el corto plazo.
- Formalizar el plan de mantenimiento con asignación de presupuesto específico y designación de responsables técnicos calificados.
- Contratar profesionales especializados en patología de la construcción para la dirección técnica de la intervención y las inspecciones periódicas.
- Gestionar la obtención de los planos estructurales originales del proyecto para disponer del f'c de diseño como referencia en futuras evaluaciones.

9.2.2 Para los profesionales que ejecuten la intervención

- Realizar pruebas de estanqueidad en todas las zonas impermeabilizadas antes de restituir recubrimientos, siguiendo los protocolos ACI 515.2R.
- No aplicar recubrimientos impermeables no transpirables sobre sustratos con humedad interna activa.
- Documentar el proceso con registro fotográfico sistemático de cada etapa — estado inicial, preparación, aplicación y estado final —.
- Contemplar un ítem de imprevistos técnicos del 15 % del presupuesto total para hallazgos adicionales durante la ejecución.

9.2.3 Para la comunidad académica

- Ampliar la caracterización mediante extracción de núcleos para ensayo de resistencia a compresión (ASTM C42) en elementos del sótano 2 con valores de esclerometría próximos a 12,25 MPa.
- Realizar ensayos de carbonatometría con fenolftaleína para determinar la profundidad del frente de carbonatación y su relación con el recubrimiento de las armaduras.
- Desarrollar un estudio de seguimiento patológico a dos y cinco años de la intervención para evaluar el desempeño de los sistemas aplicados.
- Promover la incorporación de la patología de la construcción como campo de evaluación obligatoria en la gestión de edificaciones existentes en Colombia, especialmente en zonas de clima tropical húmedo donde la NSR-10 presenta vacíos normativos específicos sobre diagnóstico y mantenimiento.

10. Referencias bibliográficas

- American Concrete Institute. (2001). Control of cracking in concrete structures (ACI 224R-01). ACI Committee 224.
- American Concrete Institute. (2014). Guide for inspection and maintenance of concrete structures (ACI 357R-14). ACI Committee 357.
- American Concrete Institute. (2015). Guide to the use of waterproofing, dampproofing, protective, and decorative barrier systems for concrete (ACI 515.2R-13). ACI Committee 515.
- American Concrete Institute. (2016). Code requirements for assessment, repair, and rehabilitation of existing concrete structures (ACI 562-16) and commentary. ACI Committee 562.
- American Concrete Institute. (2019). Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19) and commentary (ACI 318R-19). ACI Committee 318.
- American Concrete Institute. (2020). Guide to concrete repair (ACI 546R-20). ACI Committee 546.
- ASTM International. (2013). Standard test method for obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete (ASTM C42/C42M-13). ASTM International.
- ASTM International. (2013). Standard test method for rebound number of hardened concrete (ASTM C805/C805M-13). ASTM International.
- Broto, C. (2005). Enciclopedia de patologías de la construcción (Vols. 1–4). Structure.
- Cabrera, J., & García, M. (2017). Patologías en estructuras de concreto. Editorial Universitaria.
- Castro, J. L. (2012). Modelos estadísticos para la predicción del deterioro en estructuras de concreto armado. *Revista Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 45–62.
- García, L. R. (2021). Deterioro en estructuras urbanas de Villavicencio: Análisis y estrategias de intervención. *Revista Colombiana de Ingeniería*, 19(2), 33–47.
- Hassan, M., & Al-Nasra, M. (2020). Morphological patterns of cracks in concrete structures. *Journal of Structural Integrity*, 12(3), 211–224.
- Huang, Y., Zhang, T., & Li, Y. (2015). Electrochemical corrosion of steel reinforcement in concrete. *Corrosion Science*, 98, 555–567.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2023). Caracterización climatológica del municipio de Villavicencio, departamento del Meta. IDEAM.
- International Organization for Standardization. (2007). Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 1 (ISO 8501-1:2007). ISO.
- Katz, S. (2017). Corrosion of reinforced concrete in marine environments: A case study from Miami, Florida. *Journal of Structural Engineering*, 143(4), 04016228.
- López, M. P. (2015). Modelos de corrosión en armaduras de acero en estructuras de concreto. *Revista de Ingeniería Estructural*, 21(1), 55–70.
- López, R. G. (2018). Microorganisms and biodeterioration in construction materials. *Materials and Microbiology*, 7(2), 101–118.

Matos, R., & Silva, A. (2020). Environmental factors affecting the durability of concrete. *Construction and Building Materials*, 253, Artículo 119164. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119164>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Gobierno de Colombia.

Neville, A. M. (2012). *Properties of concrete* (5.a ed.). Pearson Education.

Vanderghem, C., Jacobs, F., & Vanherpe, R. (2013). Saline efflorescence formation in porous materials. *Construction and Building Materials*, 45, 145–153.

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6.a ed.). SAGE Publications.

11. Anexos

Anexo A — Localización general del Centro Comercial Unicentro Villavicencio

El presente anexo corresponde a la localización geográfica del Centro Comercial Unicentro Villavicencio, ubicado sobre la Avenida 40 de la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta. Se identifican las edificaciones colindantes y la proximidad al caño Maizaro, cuerpo de agua superficial que condiciona el entorno hidrológico y geotécnico del emplazamiento.

UBICACION UNICENTRO VILLAVICENCIO

Leyenda

- Centro Comercial Unicentro Villavicencio
- Centro Comercial Unicentro Villavicencio
- EL AMARRADERO DEL MICO EXPRESS?
- El Cimarron
- Elerrinto 1
- Galería 7 de agosto
- Pasarela Vip
- Unicentro Villavicencio
- Unicentro Villavicencio | Banco de Bogotá



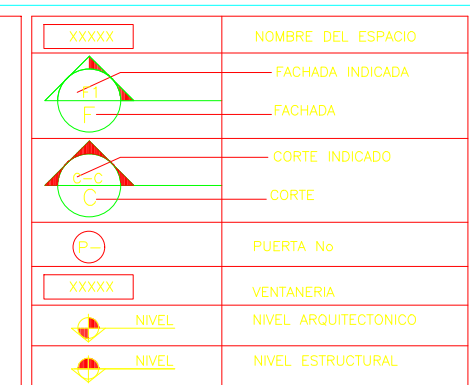
Anexo B — Planta general de los niveles de sótano evaluados

Plano arquitectónico o esquemático de planta de sótano 1 y sótano 2, con identificación de los elementos estructurales principales y delimitación de las zonas evaluadas en el presente estudio.



4 DESCARGUE

5	OBSERVACIONES	FECHA
---	---------------	-------



O
& G

INTO & GOMEZ ARQUITECTOS

unicentro
VILLAVICENCIO

03-VLLN-SEMISOT
2000

AMELIA PINTO JACOME MAT.25700-04775 ON-AA-

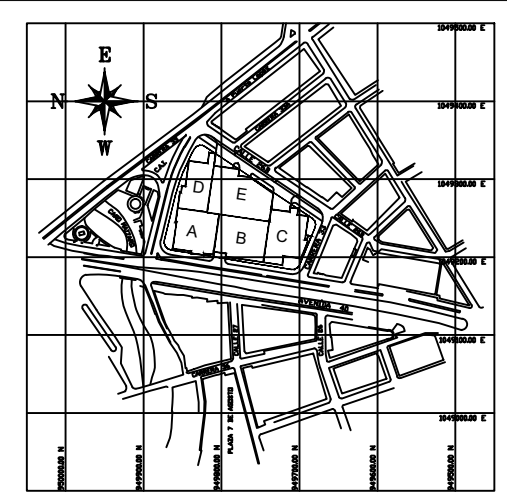
CONFIDENTIALITY STATEMENT: 2020-01-18

OSCAR DARIO NOVDA RODRIGUEZ

PIA	ESCALA	
ERO 6/06	1:250	

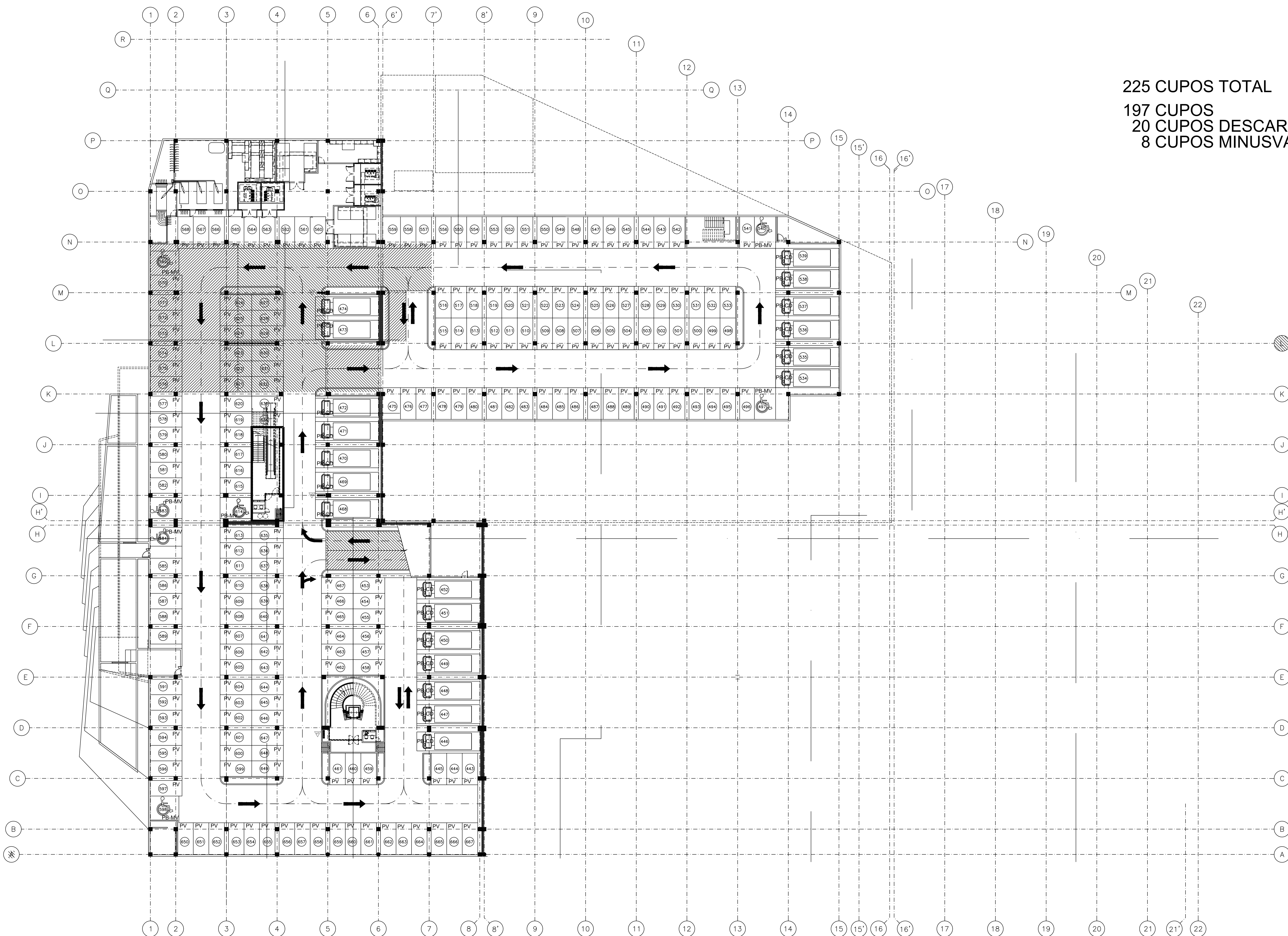


PEDRO GOMEZ Y CIA S.A.



LOCALIZACION ARQUITECTONICA

225 CUPOS TOTAL
197 CUPOS
20 CUPOS DESCARGUE
8 CUPOS MINUSVALIDOS



MODIFICACION TANQUES DE AGUA POR	FEB 12/08
ACTUALIZACION DE NIVELACION	
REVISION GENERAL	NOV 16/05
INCREMENTO EN PISO POR DISEÑO EDIFICIO EXIST 28-05	
MODIFICACION CARILLA	OCT 24-05
SE INCLUYERON GABINETES DE INCENDIO	AGOST 11-05
SE COLOCARON DUCTOS PLANTA ELECTRICA	JUL 29-05
ACTUALIZACION PANTALLA DE CONCRETO EN EJE	
B-H, PENDIENTE Y LONGITUD DE LA RAMPA	JUL 12-05
COLUMNAS Y REVISION GENERAL	JUL 5-05
15, INFLUENCIA DUCTOS EN BAÑOS, REVISION	
UTS Y REJAS, ACCESO AV 40 CON TRANSV.	
AREA ADMINISTRACION, NOMENCLATURA, PUERTAS,	
15, BORDES DE PLACA, DESPUES BARRANDAS,	
MODIFICACION PTOS FUSOS 1-2-3-4-6-8-9-	
MOD. PTO DE PASO B Y DUCT. VENTILACION	JUN 29-05
MODIFICACION PUNTOS FUSOS Y PLATA VAL.	
Y REVISION GENERAL	ABRIL 4-05
SE ELIMINA SOTANO EDIFICIO E - UBICACION 22MA	
ELECTRICA Y MOD. TANQUES DE AGUA	FEB-15-05
MODIFICACION RAMPA ACCESO	ENE-25-05

No OBSERVACIONES FECHA

EDICIONES	
XXXXX	NOMBRE DEL ESPACIO
A	FACHADA INDICADA
B	FACHADA
C	CORTE INDICADO
D	CORTE
E	PUERTA No.
XXXXX	VENTANERIA
ABEL	NIVEL ARQUITECTONICO
ABEL	NIVEL ESTRUCTURAL

P&G
PINTO & GOMEZ ARQUITECTOS

PLANTA SOTANO
NA-8.40 / NE-8.45
PROYECTO

unicentro
VILLAVICENCIO

CONTIENE: VERSION 10

PROPIETARIO	ARCHIVO AUTOCAD
ARQUITECTO PROYECTISTA	DISEÑO
LUSA AMELIA PINTO JACOME MAT.25700-0475	ON-AA
ARQUITECTO PROYECTISTA	
PEDRO GOMEZ VARGAS MAT. 25700-01515	PLANO No.
ARQUITECTO PROYECTISTA	
ARQ. OSCAR DARIO NOVOA RODRIGUEZ	A-02
COLABORACION EN DISEÑO	
FECHA	ESCALA
FEBRERO 12/08	1:250

Anexo C — Formato de ficha de identificación de lesiones

Formato en blanco de la ficha de identificación de lesiones adaptada de Broto (2005), con los siguientes campos: código de lesión, zona y elemento afectado, tipo de lesión según su origen, descripción de la manifestación, extensión aproximada, nivel de severidad, causa probable, relación con patologías asociadas y registro fotográfico vinculado.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS		ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO			
IDENTIFICACION DE LESIONES POR ELEMENTO					
Elemento:		Evaluadores			
Fecha					
Municipio					
Departamento					
Dirección					
Paciente					
LESIONES					
Primaria				Secundaria	
CALIFICACIÓN					
Leve		Moderada		Severa	
				Grave	
TIPO					
Lesione fisicas		Lesiones Mecánicas		Lesiones Químicas	
Humedad		Grietas		16.Eflorescencias	
1. De obra		9. Por carga		Oxidación y corrosión	
2. Capilar		10. Por dilatación y contracción		17. Oxidación	
3. De filtración		Fisuras		18. Corrosión por inmersión	
4. De condensación		11. Por soporte		19. Corrosión por aireación	
5. Accidental		12. Por acabado		20. Corrosión por par	
Suciedad		Desprendimientos		21. Corrosión intergranular	
6. Por Deposito		13. Acabado continuo		Organismos	
7. Por lavado		14. Acabado por elementos		22. Animales	
Erosión		Erosión		23. Vegetales	
8. Atmosférica		15. Mecánica		24. Erosión química	
DESCRIPCION					

Anexo D — Fichas de identificación de lesiones diligenciadas

Fichas de identificación de lesiones diligenciadas durante la inspección de campo, una por cada lesión identificada: LM1, LM2, LF1, LF2, LF3, LF4, LQ1, LB1 y LA1. Cada ficha incluye todos los campos completos y el registro fotográfico vinculado.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS		ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO			
IDENTIFICACION DE LESIONES POR ELEMENTO					
Elemento:	Muros de sotano 2	Evaluadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León		
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega		
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay		
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda		
Direccion	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10				
Paciente	Centro Comercial Unicentro				
					
LESIONES					
DISTINCIÓN					
Primaria	X		Secundaria		
CALIFICACIÓN					
Leve	X	Moderada		Severa	Grave
TIPO					
Lesiones físicas		Lesiones Mecánicas		Lesiones Químicas	
Humedad		Grietas		16. Eflorescencias	
1. De obra		9. Por carga		Oxidación y corrosión	
2. Capilar		10. Por dilatación y contracción		17. Oxidación	
3. De filtración		Fisuras		18. Corrosión por inmersión	
4. De condensación		11. Por soporte		19. Corrosión por aireación	
5. Accidental		12. Por acabado		20. Corrosión por par galvánico	
Suciedad		Desprendimientos		21. Corrosión intergranular	
6. Por Deposito		13. Acabado continuo		Organismos	
7. Por lavado diferencial		14. Acabado por elementos		22. Animales	
Erosión		Erosión		23. Vegetales	
8. Atmosférica		15. Mecánica		24. Erosión química	
DESCRIPCIÓN					
Se presenta fisura superficial en el muro de contención de sotano 2, que colinda a la rampa de acceso a este. No se observa ninguna patología secundaria.					

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS		ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO					
IDENTIFICACION DE LESIONES POR ELEMENTO							
Elemento:	Losa de sotano 2	Evaluaadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León				
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega				
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay				
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda				
Direccion	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10						
Paciente	Centro Comercial Unicentro						
							
LESIONES							
DISTINCIÓN							
Primaria	X		Secundaria				
CALIFICACIÓN							
Leve		Moderada		Severa	X	Grave	
TIPO							
Lesiones físicas		Lesiones Mecánicas		Lesiones Químicas			
<i>Humedad</i>		<i>Grietas</i>		16. Eflorescencias X			
1. De obra		9. Por carga		<i>Oxidación y corrosión</i>			
2. Capilar		10. Por dilatación y contracción		17. Oxidación X			
3. De filtración	X	<i>Fisuras</i>		18. Corrosión por inmersión			
4. De condensación		11. Por soporte		19. Corrosión por aireación			
5. Accidental		12. Por acabado		X	20. Corrosión por par galvánico		
<i>Suciedad</i>		<i>Desprendimientos</i>		21. Corrosión intergranular			
6. Por Deposito	X	13. Acabado continuo		<i>Organismos</i>			
7. Por lavado diferencial		14. Acabado por elementos		22. Animales			
<i>Erosión</i>		<i>Erosión</i>		23. Vegetales			
8. Atmosférica		15. Mecánica		24. Erosión química X			
DESCRIPCIÓN							
Se presenta humedad por filtracion en la placa de entre piso de sotano 1 y sotano 2. Se evidencia patologías secundarias como eflorescencias, ataque químico de microorganismos y oxidación.							

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS		ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO				
IDENTIFICACION DE LESIONES POR ELEMENTO						
Elemento:	CUARTO TANQUE	Evaluadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León			
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega			
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay			
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda			
Direccion	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10					
Paciente	Centro Comercial Unicentro					
  						
LESIONES						
DISTINCIÓN						
Primaria	X		Secundaria			
CALIFICACIÓN						
Leve		Moderada		Severa	Grave	X
TIPO						
Lesiones físicas		Lesiones Mecánicas		Lesiones Químicas		
Humedad		Grietas		16. Eflorescencias		X
1. De obra		9. Por carga		Oxidación y corrosión		
2. Capilar		10. Por dilatación y contracción		17. Oxidación		X
3. De filtración	X	Fisuras		18. Corrosión por inmersión		
4. De condensación		11. Por soporte		19. Corrosión por aireación		
5. Accidental		12. Por acabado		20. Corrosión por par galvánico		
Suciedad		Desprendimientos		21. Corrosión intergranular		
6. Por Deposito	X	13. Acabado continuo		Organismos		
7. Por lavado diferencial		14. Acabado por elementos		22. Animales		
Erosión		Erosión		23. Vegetales		
8. Atmosférica		15. Mecánica		24. Erosión química		X
DESCRIPCIÓN						
Se presenta filtraciones en los muros de contención de los tanques 1 y 2 ubicados en el sótano 2 de la estructura. Se presentan patologías secundarias por depósitos de suciedad, eflorescencias, oxidación y erosión química por microorganismos.						



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS

ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO



IDENTIFICACION DE LESIONES POR ELEMENTO

Elemento:	Losa de sotano 1	Evaluadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda
Direccion	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10		
Paciente	Centro Comercial Unicentro		



LESIONES

DISTINCIÓN

Primaria	X	Secundaria	
----------	---	------------	--

CALIFICACIÓN

Leve		Moderada		Severa	X	Grave	
------	--	----------	--	--------	---	-------	--

TIPO

Lesiones físicas		Lesiones Mecánicas		Lesiones Químicas	
<i>Humedad</i>		<i>Grietas</i>		16. Eflorescencias	X
1. De obra		9. Por carga		<i>Oxidación y corrosión</i>	
2. Capilar		10. Por dilatación y contracción		17. Oxidación	X
3. De filtración	X	<i>Fisuras</i>		18. Corrosión por inmersión	
4. De condensación		11. Por soporte		19. Corrosión por aireación	
5. Accidental		12. Por acabado	X	20. Corrosión por par galvánico	
<i>Suciedad</i>		<i>Desprendimientos</i>		21. Corrosión intergranular	
6. Por Deposito	X	13. Acabado continuo		<i>Organismos</i>	
7. Por lavado diferencial		14. Acabado por elementos		22. Animales	
<i>Erosión</i>		<i>Erosión</i>		23. Vegetales	
8. Atmosférica		15. Mecánica		24. Erosión química	X

DESCRIPCIÓN

La placa de entre piso de piso 1 y sotano 1 presenta humedad por filtración. Además de algunas patologías secundarias como suciedad por depósito, fisuras dado el acabado de la placa, eflorescencias, oxidación y erosión química por agentes microorganismos.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS		ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO			
IDENTIFICACION DE LESIONES POR ELEMENTO					
Elemento:	Fachadas	Evaluadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León		
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega		
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay		
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda		
Dirección	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10				
Paciente	Centro Comercial Unicentro				
					
LESIONES					
DISTINCIÓN					
Primaria	X		Secundaria		
CALIFICACIÓN					
Leve	X	Moderada		Severa	Grave
TIPO					
Lesiones físicas		Lesiones Mecánicas		Lesiones Químicas	
Humedad		Grietas		16. Eflorescencias	
1. De obra		9. Por carga		Oxidación y corrosión	
2. Capilar		10. Por dilatación y contracción		17. Oxidación	
3. De filtración		Fisuras		18. Corrosión por inmersión	
4. De condensación		11. Por soporte		19. Corrosión por aireación	
5. Accidental		12. Por acabado		20. Corrosión por par galvánico	
Suciedad		Desprendimientos		21. Corrosión intergranular	
6. Por Deposito		13. Acabado continuo		Organismos	
7. Por lavado diferencial		14. Acabado por elementos		22. Animales	
Erosión		Erosión		23. Vegetales	
8. Atmosférica		15. Mecánica		24. Erosión química	
DESCRIPCIÓN					
Se presenta fisura superficial en los muros de fachadas sobre la avenida 40. No se observa ninguna patología secundaria.					



ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO



IDENTIFICACION DE LESIONES POR ELEMENTO

Elemento:	Terraza	Evaluadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda
Direccion	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10		
Paciente	Centro Comercial Unicentro		



LESIONES

DISTINCIÓN

Primaria	X	Secundaria	
----------	---	------------	--

CALIFICACIÓN

Leve		Moderada	X	Severa		Grave	
------	--	----------	---	--------	--	-------	--

TIPO

Lesiones físicas		Lesiones Mecánicas		Lesiones Químicas	
<i>Humedad</i>		<i>Grietas</i>		16. Eflorescencias	
1. De obra		9. Por carga		<i>Oxidación y corrosión</i>	
2. Capilar		10. Por dilatación y contracción	X	17. Oxidación	
3. De filtración	X	<i>Fisuras</i>		18. Corrosión por inmersión	
4. De condensación		11. Por soporte		19. Corrosión por aireación	
5. Accidental		12. Por acabado	X	20. Corrosión por par galvánico	
<i>Suciedad</i>		<i>Desprendimientos</i>		21. Corrosión intergranular	
6. Por Deposito	X	13. Acabado continuo		<i>Organismos</i>	
7. Por lavado diferencial		14. Acabado por elementos		22. Animales	X
<i>Erosión</i>		<i>Erosión</i>		23. Vegetales	X
8. Atmosférica	X	15. Mecánica		24. Erosión química	

DESCRIPCIÓN

Se evidencia humedades por filtración en el muro de fachada al ingreso de la cubierta plana. Se evidencian patologías secundarias como depósito de suciedad, erosión atmosférica, fisuras del acabado en las uniones de la mampostería, ataque biológico de animales y moho en las juntas del pegote del ladrillo.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS		ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO			
TIPIFICACIÓN DE LESIONES					
Elemento:	Muros de sotano 2	Evaluadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León		
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega		
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay		
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda		
Dirección	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10				
Paciente	Centro Comercial Unicentro				
					
LESION					
DISTINCIÓN	CALIFICACIÓN	TIPO			
Secundaria	Leve	Lesiones Mecánicas	Grietas	12. Por acabado	
CAUSAS					
TIPO					
Directas	Físicas	Asentamientos del terreno			
TIPO					
Indirectas	Proyecto	Empujes			
DESCRIPCIÓN					
Grieta leve presentada en la superficie del muro de contención en concreto, la cual se evidencia en el sentido longitudinal de la sección; dichas grietas poseen espesores mínimos menores a 0.50 mm y se presenta en longitudes de aproximadamente 1.00m a 1.50m como se evidencia en el registro fotográfico.					
DIAGNÓSTICO					
El origen aparentemente se da debido a asentamientos del terreno que posiblemente permitieron desplazamientos de los nodos de la estructura lo cual representa un esfuerzo adicional a la estructura.					
PREVENCIÓN/ INTERVENCIÓN					
Se deben realizar mediciones a la capa de acabados, analizar la estabilidad del terreno y la capacidad de desempeño determinando el nivel de servicio con respecto a la documentación presentada por la consultoría y posteriormente una revisión a la obra debido a que se debe descartar que la patología presentada corresponda a deficiencias en el desempeño de la estructura.					

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO	
--	---	---

TIPIFICACIÓN DE LESIONES			
Elemento:	Losa de sotano 2	Evaluadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda
Direccion	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10		
Paciente	Centro Comercial Unicentro		



LESION			
DISTINCIÓN	CALIFICACIÓN	TIPO	
Primaria	Leve	Lesiones Químicas	Humedad 16.Eflorescencias
CAUSAS			
TIPO			
Indirectas	Quimicas/biologicas	Humedades	
TIPO			
Indirectas	Quimicas/biologicas	Intervenciones inapropiadas	
DESCRIPCIÓN			
Se presentan eflorescencias en el elemento debido a una continua e ininterrumpida exposicion del material ante la humedad proveniente de fugas en instalaciones hidrosanitarias adyacentes a los elementos estructurales.			
DIAGNÓSTICO			
El concreto debido a una de sus características quimicas principales posee la capacidad de absorber fluidos en constante exposicion, lo cual permitio la infiltracion de cierto tipo de quimicos biodegradantes para el concreto y en consecuencia la aparicion de humedades en la superficie.			
PREVENCIÓN/ INTERVENCIÓN			
Se debe eliminar la humedad de las partes afectadas teniendo en cuenta que para ello existen diversos tipos de soluciones constructivas las cuales se ejecutan para eliminar y evitar humedades en el concreto reforzado, adicionalmente se debe realizar una revision en los elementos correspondientes a las instalaciones de servicios generales las cuales actualmente presentan fugas que deterioran y afectan la integridad fisica de los elementos estructurales.			

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS		ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO			
TIPIFICACIÓN DE LESIONES					
Elemento:	CUARTO TANQUE	Evalúadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León		
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega		
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay		
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda		
Dirección	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10				
Paciente	Centro Comercial Unicentro				
					
LESION					
DISTINCIÓN	CALIFICACIÓN	TIPO			
Primaria	Severa	Lesiones Químicas	Humedad	2. Capilar	
CAUSAS					
TIPO					
Directas	Químicas/biológicas	Contaminación ambiental			
TIPO					
Indirectas	Proyecto	Ejecución			
DESCRIPCIÓN					
Se evidencian humedades en muros estructurales y losas que han generado una corrosión de estado avanzado; se puede apreciar la proliferación de la misma a causa de la capilaridad del concreto lo cual representa afectación a la integridad física debido a la contaminación presentada por agentes biodegradantes; dicha humedad se da de forma permanente y continua debido a fugas en equipos técnicos que funcionan en estas aulas.					
DIAGNÓSTICO					
Se presenta una humedad con estado de deterioro avanzado en una zona de proliferación menor, se debe determinar el nivel de desempeño de dichos elementos teniendo en cuenta que las afectaciones de tipo químicas afectan directamente las características de servicio del material y en correspondencia de estabilidad del elemento estructural.					
PREVENCIÓN/ INTERVENCIÓN					
Inicialmente se debe remover los agentes causantes de la humedad los cuales constantemente deterioran los elementos estructurales, adicionalmente se debe realizar una inspección técnica detallada que permita determinar el nivel de afectación a la estabilidad del elemento debido a que las características de la patología.					

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO	
--	---	---

TIPIFICACIÓN DE LESIONES			
Elemento:	Losa de sotano 1	Evalúadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda
Dirección	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10		
Paciente	Centro Comercial Unicentro		



LESION			
DISTINCIÓN	CALIFICACIÓN	TIPO	
Secundaria	Leve	Lesiones Químicas	Humedad 2. Capilar
CAUSAS			
TIPO			
Indirectas	Químicas/biológicas	Ejecución	
TIPO			
Indirectas	Químicas/biológicas	Corrosiones	
DESCRIPCIÓN			
Se presentan efflorescencias en el elemento debido a una continua e ininterrumpida exposición del material ante la humedad proveniente de fugas en instalaciones hidrosanitarias adyacentes a los elementos estructurales.			
DIAGNÓSTICO			
El concreto debido a una de sus características químicas principales posee la capacidad de absorber fluidos en constante exposición, lo cual permitió la infiltración de cierto tipo de químicos biodegradantes para el concreto y en consecuencia la aparición de humedades en la superficie.			
PREVENCIÓN/ INTERVENCIÓN			
Se debe eliminar la humedad de las partes afectadas teniendo en cuenta que para ello existen diversos tipos de soluciones constructivas las cuales se ejecutan para eliminar y evitar humedades en el concreto reforzado, adicionalmente se debe realizar una revisión en los elementos correspondientes a las instalaciones de servicios generales las cuales actualmente presentan fugas que deterioran y afectan la integridad física de los elementos estructurales.			

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO	
--	---	---

TIPIFICACIÓN DE LESIONES			
Elemento:	Fachadas	Evaluadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda
Dirección	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10		
Paciente	Centro Comercial Unicentro		



LESION				
DISTINCIÓN	CALIFICACIÓN	TIPO		
Secundaria	Leve	Lesiones Mecánicas	Grietas	12. Por acabado
CAUSAS				
TIPO				
Directas	Físicas	Asentamientos del terreno		
TIPO				
Indirectas	Proyecto	Empujes		
DESCRIPCIÓN				
Grieta leve presentada en la superficie del muro de contención en concreto, la cual se evidencia en el sentido longitudinal de la sección; dichas grietas poseen espesores mínimos menores a 0.50 mm y se presenta en longitudes de aproximadamente 1.00m a 1.50m como se evidencia en el registro fotográfico.				
DIAGNÓSTICO				
El origen aparentemente se da debido a asentamientos del terreno que posiblemente permitieron desplazamientos de los nodos de la estructura lo cual representa un esfuerzo adicional a la estructura.				
PREVENCIÓN/ INTERVENCIÓN				
Se deben realizar mediciones a la capa de acabados, analizar la estabilidad del terreno y la capacidad de desempeño determinando el nivel de servicio con respecto a la documentación presentada por la consultoría y posteriormente una revisión a la obra debido a que se debe descartar que la patología presentada corresponda a deficiencias en el desempeño de la estructura.				

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO	
--	---	---

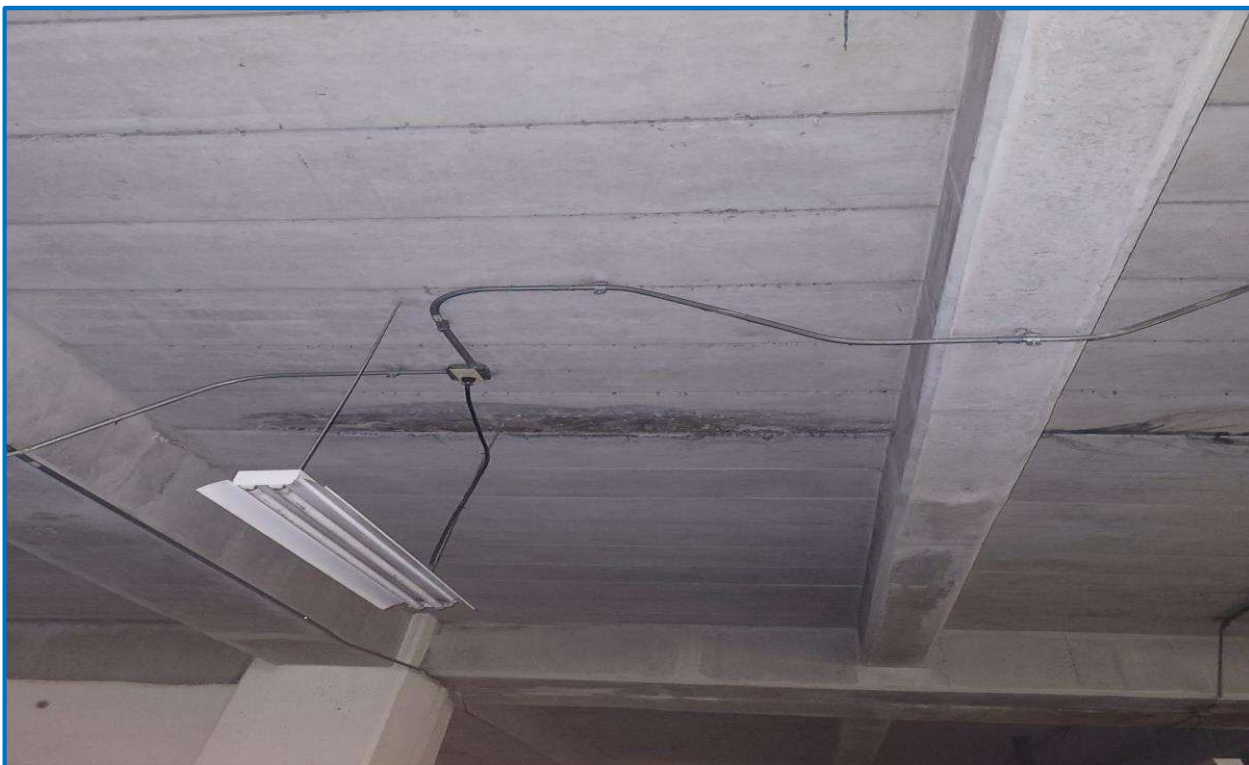
TIPIFICACIÓN DE LESIONES			
Elemento:	Losa de sotano 2	Evaluadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda
Dirección	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10		
Paciente	Centro Comercial Unicentro		



LESION			
DISTINCIÓN	CALIFICACIÓN	TIPO	
Secundaria	Leve	Lesiones Químicas	Humedad 2. Capilar
CAUSAS			
TIPO			
Indirectas	Químicas/biológicas	Ejecución	
TIPO			
Indirectas	Químicas/biológicas	Corrosiones	
DESCRIPCIÓN			
Se presentan efflorescencias en el elemento debido a una continua e ininterrumpida exposición del material ante la humedad proveniente de fugas en instalaciones hidrosanitarias adyacentes a los elementos estructurales.			
DIAGNÓSTICO			
El concreto debido a una de sus características químicas principales posee la capacidad de absorber fluidos en constante exposición, lo cual permitió la infiltración de cierto tipo de químicos biodegradantes para el concreto y en consecuencia la aparición de humedades en la superficie.			
PREVENCIÓN/ INTERVENCIÓN			
Se debe eliminar la humedad de las partes afectadas teniendo en cuenta que para ello existen diversos tipos de soluciones constructivas las cuales se ejecutan para eliminar y evitar humedades en el concreto reforzado, adicionalmente se debe realizar una revisión en los elementos correspondientes a las instalaciones de servicios generales las cuales actualmente presentan fugas que deterioran y afectan la integridad física de los elementos estructurales.			

Anexo E — Registro fotográfico de las patologías identificadas

Galería fotográfica organizada por lesión y zona evaluada. Cada lesión se documenta con una fotografía de contexto general y una de detalle, con identificación del código de lesión, descripción breve y fecha de toma.



Fotografía 1: Lesión de humedad por filtración, generando afectación por ataque biológico y químico generando eflorescencia en el elemento afectado, esta lesión se ubica en la placa entre el sótano y el semisótano.



Fotografía 2: Lesión de humedad por filtración, generando afectación por ataque biológico y químico generando eflorescencia en el elemento afectado, esta lesión se ubica en la placa entre el sótano y el semisótano.



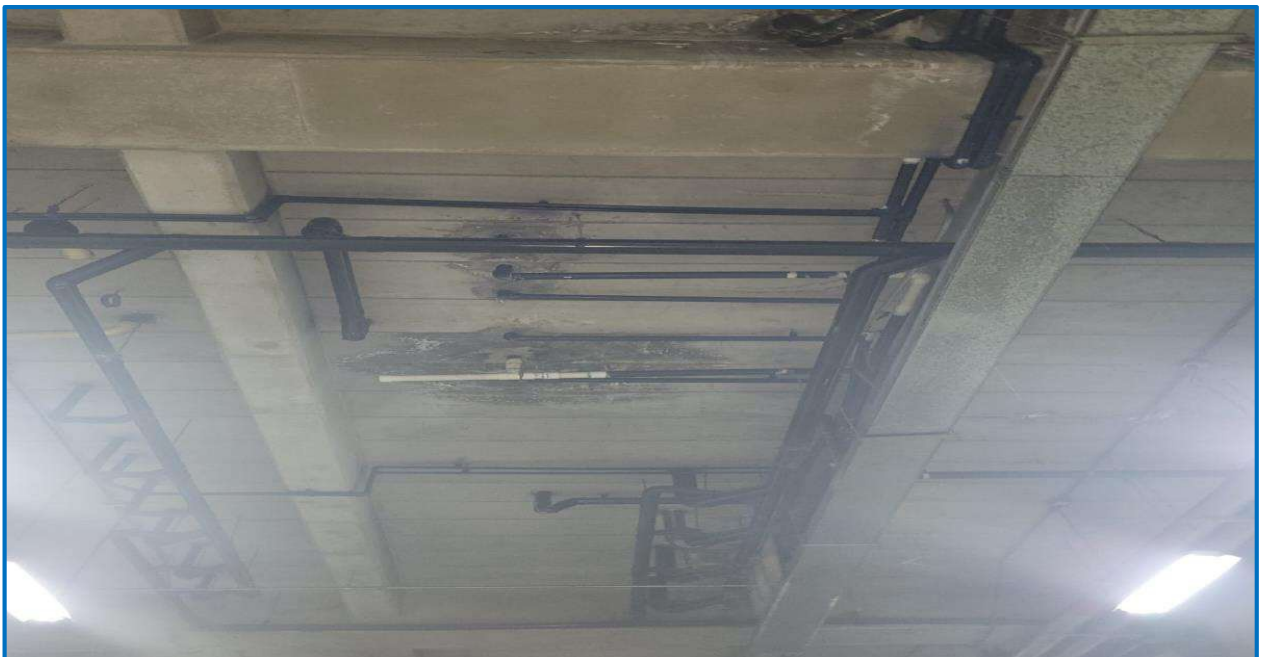
Fotografía 3: Lesión de afectación mecánica, donde se evidencia una deformación en el elemento afectado, ubicada en la placa entre sótano y semisótano.



Fotografía 4: Lesión de humedad por filtración, generando afectación por ataque biológico y químico generando eflorescencia en el elemento afectado, esta lesión se ubica en la placa entre el sótano y el semisótano.



Fotografía 5: Lesión de humedad por filtración, generando afectación por ataque biológico y químico generando eflorescencia en el elemento afectado, esta lesión se ubica en la placa entre el sótano y el semisótano.



Fotografía 6: Lesión de humedad por filtración, generando afectación por ataque biológico y químico generando eflorescencia en el elemento afectado, esta lesión se ubica en la placa entre el piso 1 y semisotano.



Fotografía 7: Lesión de humedad por filtración, generando afectación por ataque biológico y químico generando eflorescencia en el elemento afectado, esta lesión se ubica en el muro interno de los tanques de almacenamiento de agua en el sótano.



Fotografía 8: Lesión mecánica, se presenta fisura en la facha comprendida entre la avenida 40 y la transversal 33 a nivel del semisótano.



Fotografía 9: Lesión mecánica, se presenta fisura en muro estructural de contención ubicado en el sótano dos junto a la rampa de acceso vehicular.

Anexo F — Plano de zonificación patológica

Plano de planta de los niveles evaluados con la localización de cada lesión identificada, representada mediante simbología diferenciada por origen y nivel de severidad. Incluye convención de símbolos y escala gráfica.



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS

ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO



PLANO GENERAL DE CALIFICACIÓN

		Evaluadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda
Dirección	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10		
Paciente	Centro Comercial Unicentro		

NOMENCLATURA DE CLASIFICACION

D1	RAMPA DE ACCESO
D2	BAHIAS DE PARQUEO
L1	MUROS FISURADOS
L2	AREA DE PLACA SUPERIOR AFECTADA
D3	CUARTO DE BOMBAS
D4	DUCTOS DE VENTILACION
D5	ESCALERAS DE ACCESO S2
L3	MURO DE TANQUES AFECTADOS
D6	TAQUILLA Y ESPACALERAS S2-S1
D7	CUARTOS DE CONTROL ELECTRICO
D8	ESCALERA DE ACCESO PEATONAL S2-S1
D9	PLACA VEHICULAR EN CONCRETO ALIGERADA

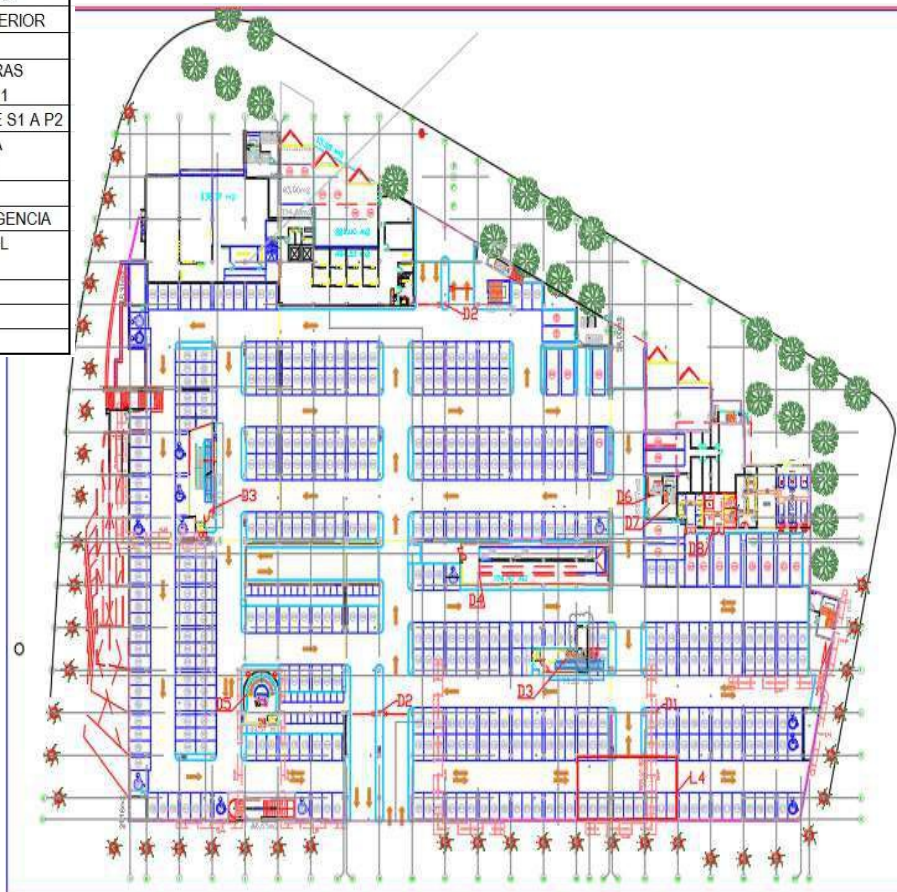


PLANO GENERAL DE CALIFICACIÓN

Fecha	1/06/2023	Evaluadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León
Municipio	Villavicencio		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega
Departamento	Meta		Ing. Edwin David Orduy Garay
Dirección	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda
Paciente	Centro Comercial Unicentro		

NOMENCLATURA DE CLASIFICACION

D1	VATILACION DE SOTANO
L4	LESION DE PLACA SUPERIOR
D2	INGRESO VEHICULAR
D3	ACCESO DE ESCALERAS ELECTRICAS DE S1 A P1
D4	ACCESO DE RAMPA DE S1 A P2
D5	ACCESO DE ESCALERA PEATONAL DE S1 A P2
D6	ELEVADOR
D7	ESCALERAS DE EMERGENCIA
D8	CUARTOS DE CONTROL ELECTRICO





ESTUDIO PATOLÓGICO EN EL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO

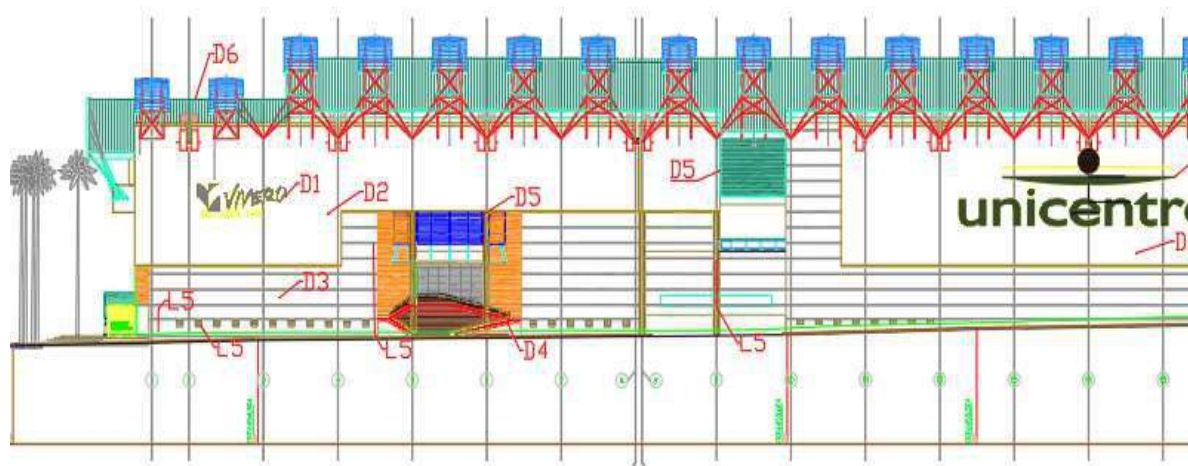


PLANO GENERAL DE CALIFICACIÓN

		Evaluadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León
Fecha	1/06/2023		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega
Municipio	Villavicencio		Ing. Edwin David Orduy Garay
Departamento	Meta		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda
Dirección	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10		
Paciente	Centro Comercial Unicentro		

NOMENCLATURA DE CLASIFICACION

L5	FISURAS EN FACHADA
D1	AVISOS PUBLICITARIOS
D2	FACHADA EN MAMPOSTERIA A LA VISTA
D3	FACHADA EN CONCRETO
D4	ESCALERA DE ACCESO EN MAPOSTERIA A LA VISTA
D5	FACHAleta EN ACERO
D6	CUBIERTA METALICA



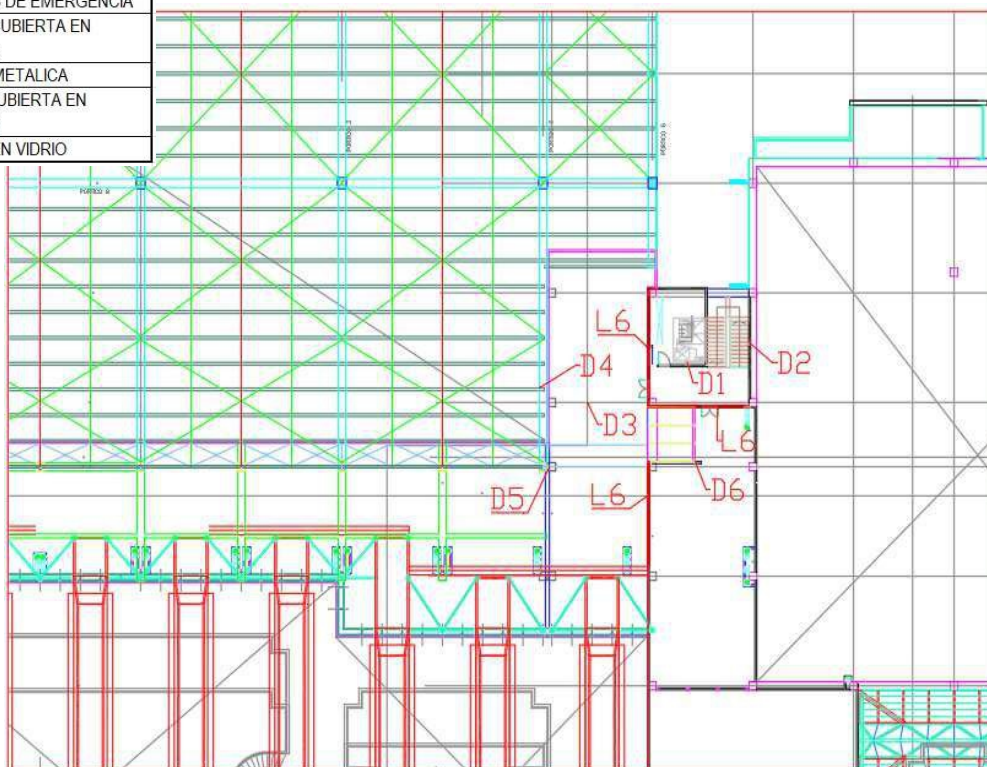
CORTE TIENNO SOBRE EL EJE [A]
FACHADA 01 (Avenida 40)

PLANO GENERAL DE CALIFICACIÓN

Fecha	1/06/2023	Evaluadores	Ing. Neidi Katherine Moreno León
Municipio	Villavicencio		Ing. Diego Alejandro Hernandez Vega
Departamento	Meta		Ing. Edwin David Orduy Garay
Dirección	Barrio Nuevo, Av 40, Puente El Maizaro #26C - 10		Ing. Camilo Eduardo Lozano Sepúlveda
Paciente	Centro Comercial Unicentro		

NOMENCLATURA DE CLASIFICACIÓN

L6	MURO DE FAHADA AFECTADA POR HUMEDAD
D1	CUARTO DE ASCENSOR
D2	ESCALERAS DE EMERGENCIA
D3	PLACA DE CUBIERTA EN CONCRETO
D4	CUBIERTA METALICA
D5	VIGAS DE CUBIERTA EN CONCRETO
D6	CUBIERTA EN VIDRIO



Anexo G — Resultados detallados de los ensayos de esclerometría

Tabla con los dieciséis valores de rebote registrados por elemento estructural evaluado, el promedio calculado, el valor de resistencia superficial estimada, el ángulo de incidencia y la corrección correspondiente según ASTM C805.

Anexo H — Resumen del estudio geotécnico consultado

Resumen técnico del estudio geotécnico que incluye: perfil estratigráfico del subsuelo hasta la profundidad explorada, clasificación del suelo según NSR-10, valores SPT por estrato, capacidad portante estimada, nivel freático registrado y conclusiones relevantes para el diagnóstico patológico.



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-I01
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

ESTUDIO GEOTÉCNICO

**ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA
CENTRO COMERCIAL UNICENTRO PROYECTO DE TPI
UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.**



**DIRIGIDO A: CAMILO LOZANO
DIEGO ALEJANDRO HERNANDEZ
EDWIN ORDUY.**

ELABORADO EN:

DICIEMBRE DE 2023



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
1. OBJETIVOS.....	5
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
2. ALCANCE DEL ESTUDIO.....	6
3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	6
4. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO	7
4.1. RECOPIACIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
4.2. TRABAJO DE CAMPO	8
4.3. TRABAJO DE LABORATORIO	8
4.4. ANÁLISIS DE GEOTECNIA Y RESULTADOS	9
5. GENERALIDADES	9
5.1. LOCALIZACIÓN GENERAL.....	9
5.2. GEOLOGIA.....	10
5.3. TRABAJO DE LABORATORIO.....	11
6. ESTUDIO DE SUELOS, ANÁLISIS DE INGENIERÍA Y RESULTADOS	18
6.2. TIPO DE PERFIL DEL SUELO	18
6.3. ESTRUCTURA Y PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN.....	17
6.4. ELECCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	19
6.5. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE	19
6.6. GRÁFICO DE LA CAPACIDAD PORTANTE.....	20
7. SISMICIDAD.....	23
8. COEFICIENTE DE PRESIÓN DE TIERRAS	25
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34



MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Villavicencio, diciembre de 2023.

Asunto: **MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD.**

Yo, **DIEGO FERNANDO MARTINEZ**, identificado con matrícula profesional N° **25202217599 CND**, presento el informe de suelos, elaborados con la norma **N.S.R.-10**, para la obra ubicada en el centro comercial unicentro, de la ciudad de Villavicencio, proyecto destinado para uso comercial.

DECLARO:

Que asumo la responsabilidad por los perjuicios que a causa de ellos pueda deducirse, exonerando al distrito y a esta curaduría urbana de toda responsabilidad. Acepto y reconozco que la revisión efectuada por esta curaduría no constituye una aprobación a la cimentación óptima a emplear, sino una verificación el cumplimiento de las normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente (**N.S.R.- 10**).

El cumplimiento de los requisitos no exime al ingeniero responsable de la ejecución del estudio geotécnico de realizare todas las investigaciones y análisis necesarios para la identificación de las amenazas geotécnicas, la adecuada caracterización del subsuelo y los análisis de estabilidad de la edificación, contorciones vecinas e infraestructura existente

DIEGO FERNANDO MARTINEZ.

Ingeniero Civil
Matrícula 25202217599 CND.



INTRODUCCIÓN

El presente estudio está encaminado a determinar las principales Características y los Parámetros geomecánicos más representativos del subsuelo.

La caracterización de los suelos y las recomendaciones del presente Informe se hacen con el objeto de llevar a cabo los **ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL UNICENTRO PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS**, por lo cual se tiene como principal directriz, los trabajos de campo ejecutados en el área de estudio, los ensayos de laboratorio realizado a las muestras tomadas en campo y el análisis de resultados de los parámetros geotécnicos obtenidos.

Mediante el presente estudio geotécnico, se determinó el tipo de suelo, sus propiedades físico mecánicas más representativas, el levantamiento del perfil estratigráfico y la capacidad portante del subsuelo a diferentes profundidades.



1. OBJETIVOS

a. OBJETIVO GENERAL

Identificar las principales características Geológicas, geomorfológicas y los principales parámetros Geotécnicos, que permitan determinar el comportamiento del subsuelo en el lugar.

b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar tres (3) sondeos a 6.00 m de profundidad con equipo de percusión, cada uno de ellos en uno de los sectores donde se realizaron los **ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL UNICENTRO PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS**, para determinar así el perfil estratigráfico y las principales características geotécnicas del terreno.
- A través de los resultados del ensayo SPT calcular el $\bar{N}$ para determinar el tipo de perfil de suelo y con esto los parámetros sísmicos para el diseño.
- Establecer la Capacidad Portante del subsuelo en diferentes profundidades del área a estudiar, mediante la implementación del ensayo de penetración estándar (SPT).
- Estimar los parámetros geomecánicos Fricción, cohesión (c') y Módulo de Reacción del suelo (E) a diferentes profundidades mediante los registros del SPT.
- Determinar el nivel freático del área de estudio.



2. ALCANCE DEL ESTUDIO

De acuerdo al número de Sondeos realizados y a los ensayos de laboratorio dispuestos para el Estudio; se buscará simular las características del subsuelo. Con lo anterior se determinará la Capacidad Portante del Terreno, El perfil estratigráfico del suelo existente, y se hallarán los parámetros geomecánicos de cohesión, fricción, módulo de reacción, índice de plasticidad, granulometría, peso unitario entre otros; para la clasificación de estos suelos con fines de ingeniería.

3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

El presente estudio de suelos se establece siguiendo los procedimientos reglamentados por el Reglamento NSR 10 y la Norma Técnica Colombiana para clasificación de Suelos.

Dentro de los ensayos geotécnicos se realizaron pruebas in situ y a nivel de laboratorio para de esa manera determinar las principales características del subsuelo de la zona de estudio. Para este proceso se reconocen los siguiente pasos.

- a) Reconocimiento del terreno
- b) Recopilación y revisión bibliográfica
- c) Trabajo de campo (Sondeos)
- d) Trabajo de laboratorio
- e) Análisis de geotecnia y resultados



4. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

El reconocimiento de la zona de estudio, se llevó a cabo mediante la visita de campo, que sirvió para establecer en forma preliminar el alcance de los trabajos de investigación del subsuelo, la localización y profundidad del sondeo a realizar.

En la visita se realizó una inspección visual del área a estudiar y se observaron los puntos más favorables estratégicamente en donde se realizaran los sondeos, con el fin de obtener una concepción general de las características estratigráficas y principales parámetros de los suelos de la zona de estudio.

4.1. RECOPIACIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En esta etapa del estudio, se realizó la recopilación y revisión de la bibliografía existente con respecto a los estudios geotécnicos y de suelos del Municipio de Villavicencio – Meta, igualmente los documentos internos de laboratorio:

Norma Técnica Colombiana NTC-1504 “Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería” (Sistema de Clasificación Unificada de Suelos UCS), Normatización del Instituto Nacional de Vías (INVIAS):

Análisis Granulométrico por lavado sobre tamiz N° 200 y tamizado mecánico INV E-123,

Determinación de las Humedades INV E-122.

Descripción e identificación de suelos (procedimiento visual y manual) INV E-102,

Documentos de Ingeniería de Suelos.



4.2. TRABAJO DE CAMPO

Una vez realizado el reconocimiento del terreno, se ubicaron de forma específica los puntos estratégicos de exploración en los sectores que se escogieron para que abarcaran la zona de estudio. Se decidió realizar tres (3) sondeos hasta una profundidad de 6.00m.

Se hizo el levantamiento del perfil estratigráfico, así como la toma de muestras de suelo confiables para la realización de los ensayos de laboratorio, Límites Atterberg, Humedad Natural y Análisis Granulométrico.

Finalmente se consignó la descripción visual de los estratos, las profundidades en donde se presentaron cambios en la estratigrafía y una relación detallada de las muestras tomadas. Todas las muestras se rotularon y empacaron para ser transportadas al laboratorio.

4.3. TRABAJO DE LABORATORIO

El tipo y número de ensayos dependen de las características propias de los suelos a investigar así como de la complejidad del proyecto a realizar.

La ejecución de los ensayos se realizó teniendo en cuenta el análisis de cada uno de ellos para llegar a la caracterización mecánica del suelo presente en cada sondeo realizado. Los ensayos de laboratorio permiten conocer la clasificación, comportamiento esfuerzo deformación y propiedades de resistencia de los suelos.

Sobre la totalidad de las muestras obtenidas durante la ejecución de los sondeos se efectuó un programa de trabajo en laboratorio, con el fin de clasificar los materiales que constituyen los diferentes estratos del subsuelo.

En el análisis de resultados se presentan los formatos de laboratorio efectuados en laboratorio (ver anexos). Con estos resultados y los registros de campo, se procedió a elaborar los registros definitivos,



donde se consigna la estratigrafía del subsuelo, que también se presentan en dichos anexos.

4.4. ANÁLISIS DE GEOTECNIA Y RESULTADOS

Concluidas las etapas de investigación, se establecieron los análisis de ingeniería para determinar la capacidad portante del subsuelo de la zona de estudio, donde por medio de la exploración in situ (perforación estándar SPT) se pudo determinar que en general el terreno es muy homogéneo hasta los 6.00 m de profundidad, presentando dos estratos de suelo bien definidos.

5. GENERALIDADES

5.1 LOCALIZACIÓN GENERAL

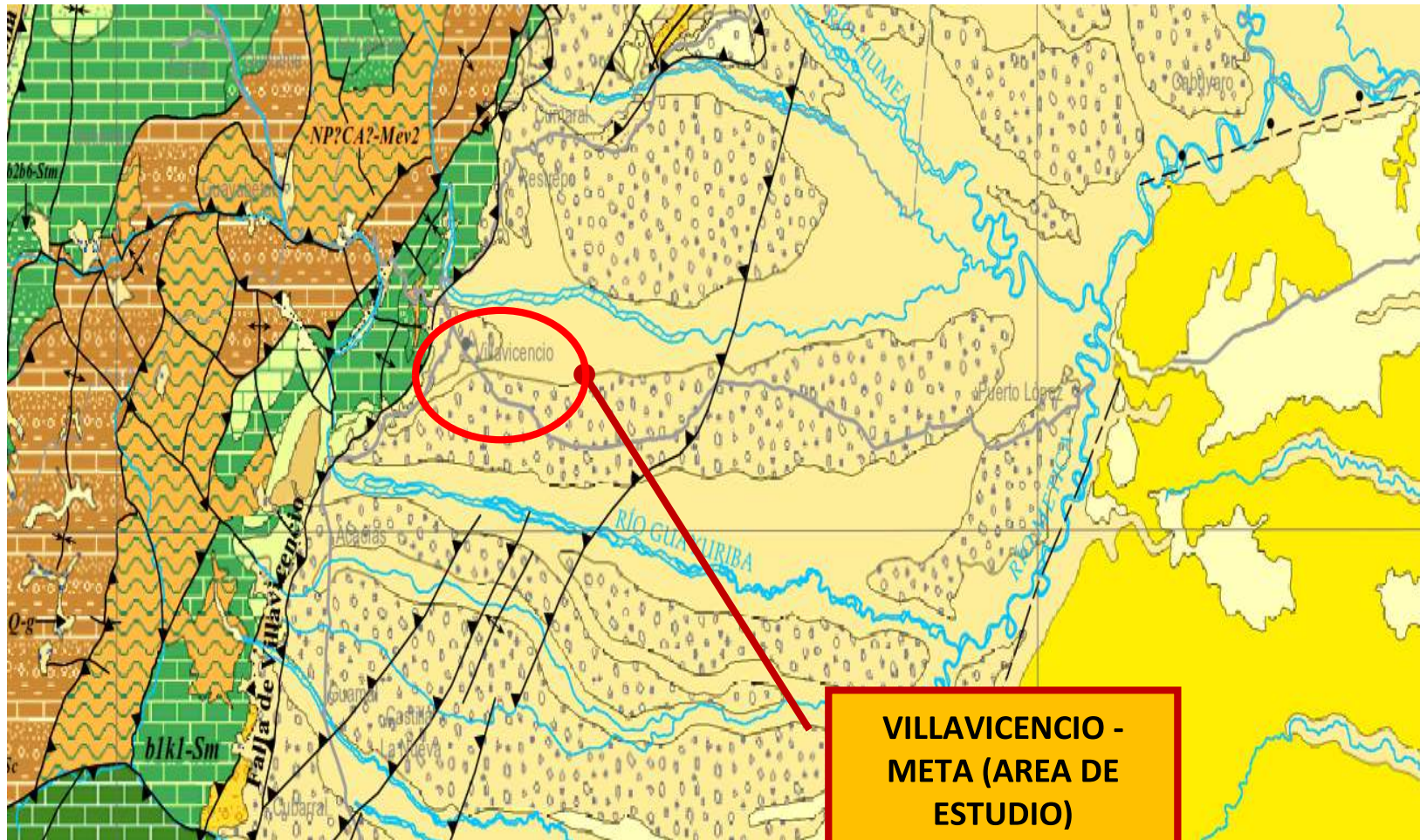
El área de estudio se encuentra ubicada en el área verde del centro comercial unicentro, barrio Maizaro, en el municipio de Villavicencio–Meta.



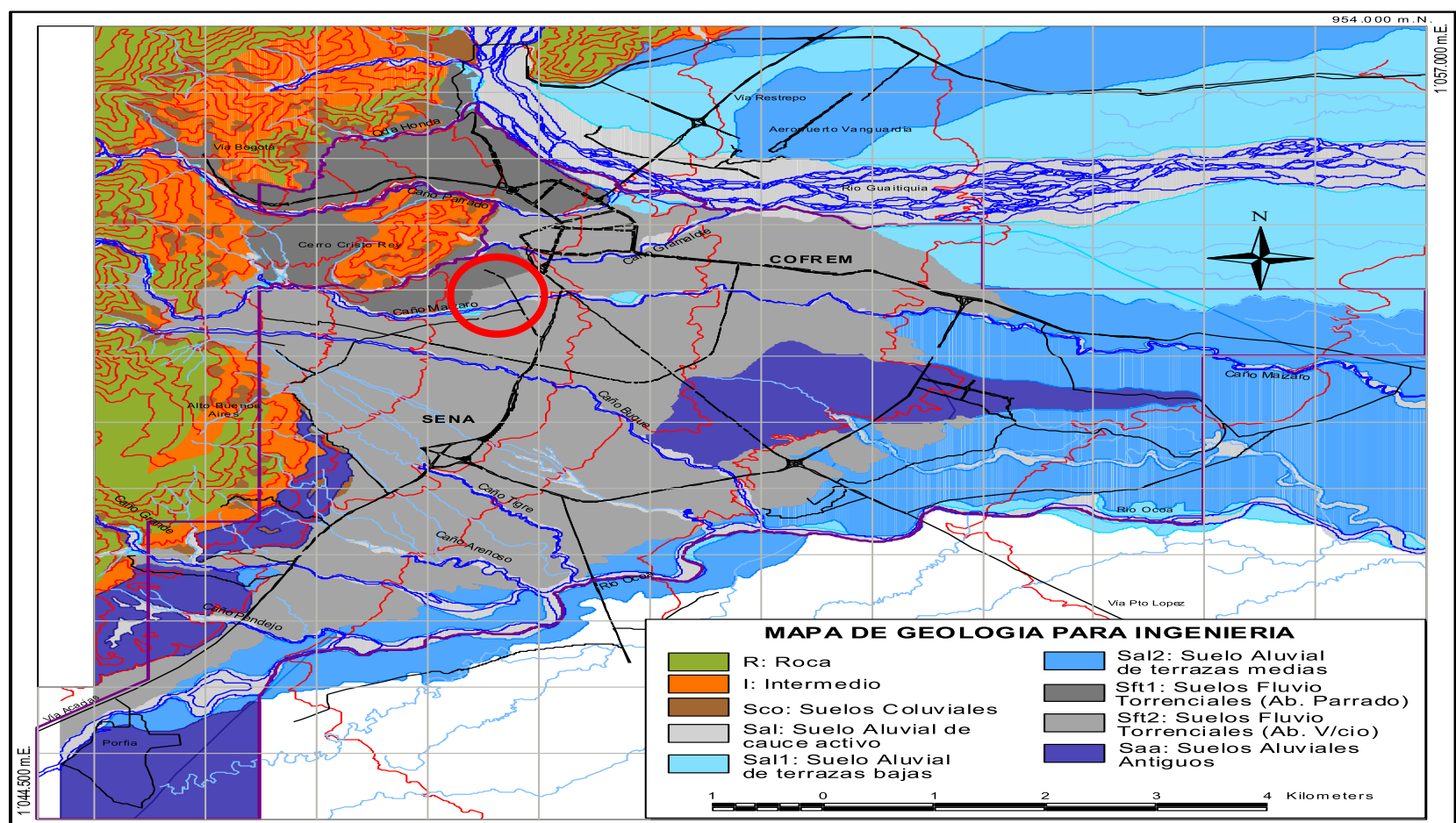
Figura 1. Localización del área de estudio



5.2 GEOLOGIA



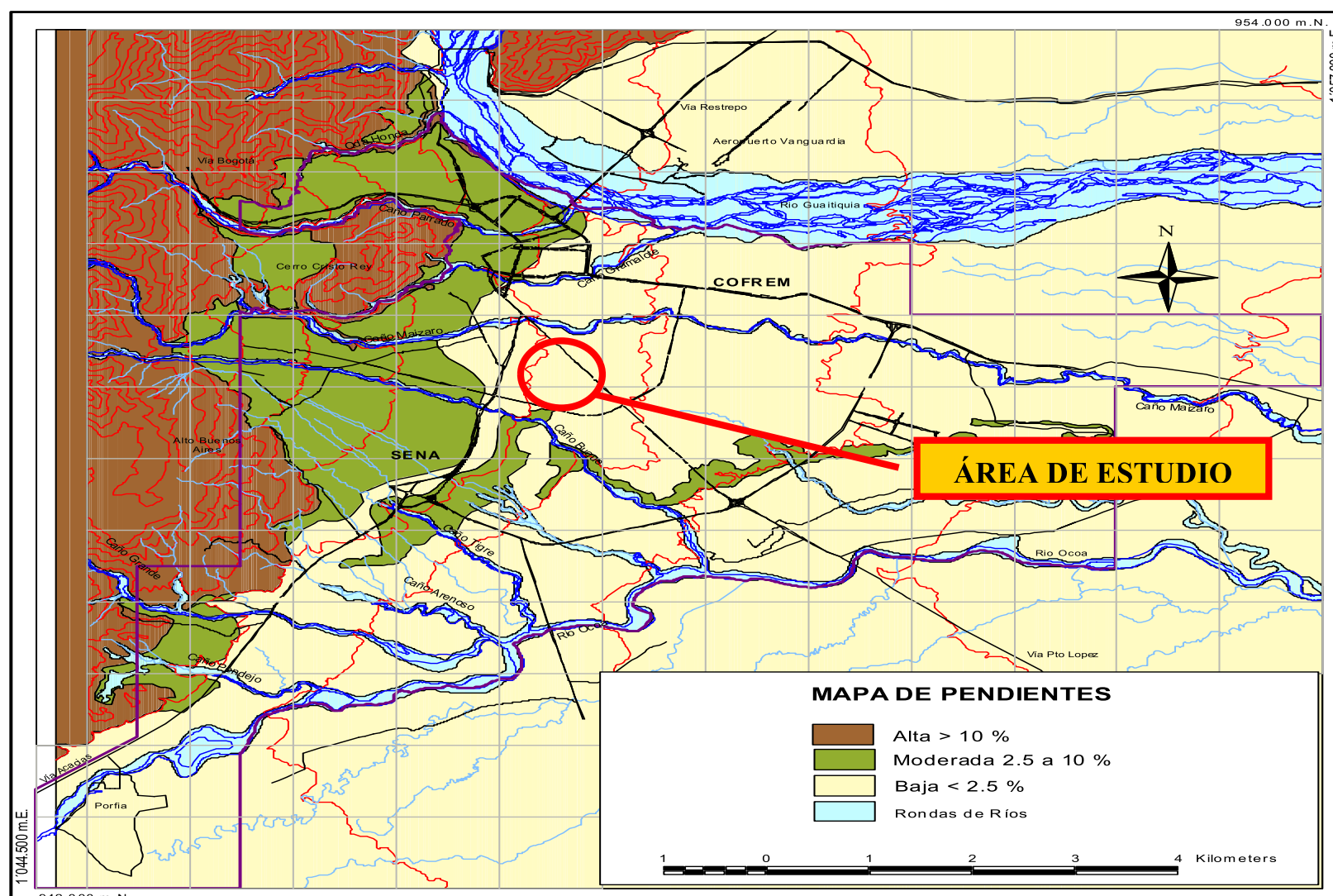
FUENTE INGEOMINAS





5.1 CLASIFICACIÓN DE LA PENDIENTE

El área de estudio presenta una pendiente baja ($< 2.5\%$) tal como se puede observar en el siguiente mapa de pendientes de la zonificación sismogeotécnica indicativa de la ciudad de Villavicencio realizada por el Ingeominas (2005).



FUENTE INGEOMINAS

5.3. TRABAJO DE LABORATORIO

En laboratorio se realizaron ensayos de:

- Análisis Granulométrico por lavado sobre tamiz N° 200 y tamizado mecánico INV E-123,
- Determinación de las Humedades INV E-122.
- Límites líquido y plástico. LIMITES DE ATTERBERG - NORMA I.N.V. E - 126



Con estos resultados, y los datos de campo, se procedió a elaborar el registro definitivo de los sondeos, toda esta información se consigna en la estratigrafía del subsuelo.

6 ESTUDIO DE SUELOS, ANÁLISIS DE INGENIERÍA Y RESULTADOS

El interés del presente capítulo, radica en presentar los resultados obtenidos sobre el estado y la resistencia a la compresión simple que ofrece el suelo de acuerdo con la profundidad, (Ver resultados en los Anexos de Laboratorio).

Con base en los registros del número de golpes obtenidos mediante el ensayo de penetración estándar (SPT), y realizadas las correcciones por confinamiento y niveles freáticos, se obtendrán los parámetros geomecánicos de módulo de reacción (E) y ángulo de fricción interna del suelo (ϕ') y cohesión en condiciones de esfuerzos efectivos.

6.1. CALCULO CAPACIDAD PORTANTE

La estimación de la capacidad portante del terreno es pieza clave para la elaboración definitiva de los diseños estructurales de la edificación. Partimos de la suposición que la cimentación se realizará entre 1.0 y 2.0 metros de profundidad. Para este rango, se determinan el número de golpes promedio más bajo (para tener la condición más crítica del suelo) y metro a metro, así:

SONDEO N°	N. GOLPES VS PROFUNDIDAD		
	1,0 m	3,0 m	5,0 m
1	7	15	31
2	6	16	31
3	8	16	32
PROMEDIO	7	16	31

*Valor corregido mediante la propuesta de Parcher y Means (1968) ya que fueron tomados utilizando cono de penetración. Se puede convertir el número de golpes N_c del DCPT a número de golpes N por pie de penetración del SPT, se utilizó un factor de corrección $C = 0.60$.



El número de golpes por pie de penetración del ensayo SPT promedio es de 18, y el peso unitario promedio es de 1.874 ton/m³.

El comportamiento del suelo está influenciado por la fracción arenosa, con pocas cantidades de suelo fino no plastico, por lo que el diseño de la cimentación, se realizará bajo el comportamiento de un suelo arenoso de una cohesión muy baja ($<1.0 \text{ ton/m}^2$) de consistencia dura; esto de acuerdo a las propiedades físicas o índice del suelo de cimentación obtenidas a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados.

6.2. TIPO DE PERFIL DE SUELO

De acuerdo con la metodología del enunciado H.2.5 "SUELOS NO COHESIVOS O GRANULARES Y SUELOS COHESIVOS", se define el tipo de suelos presentes en el área de exploración, para efectos de la determinación del perfil de suelo A.2.4.3. NSR-10.

Con base en la exploración se definieron los siguientes estratos de suelo:

ESTRATO N°	PROF. (m)	GRAVA	ARENA	FINO	L.LIQ.	I.P	P.U.H	N (promedio)	CLASIFICACION (H.2.5 NSR-10)
1	3,00	19,28%	38,68%	42,04%	46,61%	13,48%	1,851	11	COHESIVO
2	6,00	26,22%	36,38%	37,41%	NP	NP	NP	28	GRANULAR

Nota. Los estratos considerados para la determinación del perfil de suelo cumplen la condición de que el número de golpes es inferior a 100 g/pié "A.2.4.3.2.(a) El valor de N_i a emplear para obtener el valor medio, no debe exceder 100".

Se determinó entonces que se presentan dos estratos bien definidos dentro de la exploración, donde encontramos una capa cohesiva y una granular a lo largo de los 6.0 m. de profundidad.

Debido a que no se cuentan con registros de velocidad media de la onda cortante medida en campo, y se presentan dos estratos bien definidos los cuales se clasifican como cohesivo hasta una profundidad de 3.00m en promedio y una capa granular a lo largo de los 6.0m explorados, se eligió el parámetro (b) que considera: "el número medio



de golpes del ensayo de penetración estándar, $\bar{N}$, en golpes/pie a lo largo de todo el perfil" (NSR-10 A.2.4.3)

A.2.4.3.2 (a) Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo.

Los parámetros para definir el perfil de suelo se evalúan a partir de la resistencia media al corte, de la siguiente manera:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad \text{Ecuación A.2.4-2 NSR-10}$$

Siendo,

d_i = Espesor del estrato i , localizado dentro de los 30 m superiores del perfil.

N_i = Número de golpes por pie del Ensayo de Penetración Estándar (SPT), realizado in situ.

A partir de la anterior ecuación y teniendo en cuenta los resultados del SPT, se tiene:

$d_i = 6,0$ m (espesor promedio de los estratos caracterizados que cumplen con la condición de $N_i < 100$)

Aplicando la ecuación se obtiene que:

$$\bar{N} = \frac{6.0}{\frac{3.00}{12} + \frac{6.00}{31}} = 20.83 \approx 21$$

$\bar{N} = 21$, por lo tanto, teniendo en cuenta la Tabla A.2.4-1 del Reglamento NSR - 10, el perfil de suelo se clasifica como **E**, el cual cumple la siguiente condición: menor de 15.



Tabla A.2.4-2
Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

Tipo de perfil	$\bar{v}_s$	$\bar{N}$ o $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm ²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa ($\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2$)

Se concluye que el tipo perfil de suelo es **D**.

Ángulo de fricción interna del suelo

A continuación se presenta la metodología para la obtención del ángulo de fricción interna del suelo de fundación, la cual está basada en la resistencia a la penetración estática q_c y el esfuerzo efectivo de sobrecapa al nivel de la cimentación.

La resistencia al corte del suelo in situ es firme, debido a que el número de golpes N promedio de la Prueba de Penetración Estándar es de 21 golpes por pie de penetración.

Determinación de los Parámetros de Resistencia al Corte del Suelo
Como se realizó en campo la prueba SPT y se registró el número de golpes N por pie de penetración. Ahora se debe realizar la corrección del N del SPT por confinamiento por medio de la siguiente ecuación:

$$N_{COR} = C_N N_F$$

Donde:

N_{COR} = Valor de N corregido

C_N = Factor de corrección

N = Valor de N

C_N se determina a partir de la ecuación de Skempton (1989) como:

$$C_N = \frac{2}{1 + \sigma'_{vo}}$$



Siendo σ'_{vo} el esfuerzo efectivo (en ton/pie²) de sobre capa a la profundidad donde se está corrigiendo el valor de N.

Hasta la máxima cota explorada -6.00 m no se registró nivel freático. (en promedio) en la exploración geotécnica se tiene que descontar la presión de poros del esfuerzo vertical total; por consiguiente:

$$\sigma'_{vo} = \sigma - \gamma * z$$

Dónde:

h= Altura del estrato (de 0,90 a 2,25 m.-- máx.prof. cimentación estimada)

hw= Altura del estrato con agua freático (de 0.00 a 0.00 m.)

$$\sigma_T = \gamma * h = 1.874 \text{ ton/m}^3 * 1.20 \text{ m} = 2.248 \text{ ton/m}^2$$

$$U = \gamma_w * h_w = 1,0 \text{ ton/m}^3 * 1.85 \text{ m} = 1.85 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma' = \sigma_T - U = 2.248 - 0.00 = 2.248 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma'_{vo} = 0,2248 \text{ ton/pie}^2$$

$$C_N = \frac{2}{1 + 0,2248} = 1.63$$

Ncampo = 21 (Valor promedio)

$$N_{cor} = (21) * (1.63) = 13,23$$

Se toma Ncor = 13

A partir de correlación con la prueba SPT se obtiene que N promedio del SPT por pie de penetración corregido por confinamiento es en promedio 13 y el peso unitario total promedio del suelo es $\gamma = 1.874 \text{ ton/m}^3$. A partir del número de golpes corregido (N_{cor}) del SPT obtenido, se determina la densidad relativa (Dr) del estrato como se muestra en la siguiente tabla.



Valores Empíricos Para ϕ , Dr y Peso Unitario del Suelo Granular Basado en N del SPT ($\phi = 28^\circ + 15^\circ \text{Dr} \pm 2^\circ$)

Descripción		Muy Suelta	Suelta	Media	Densa	Muy Densa
Densidad Relativa Dr		0	0,15	0,35	0,65	0,85
SPT N'COR	Fino	1 – 2	3 – 6	7 – 15	16 – 30	?
	Medio	2 – 3	4 – 7	8 – 20	21 – 40	> 40
	Grueso	3 – 6	5 – 9	10 – 25	26 – 45	> 45
ϕ	Fino	26 – 28	28 – 30	30 – 34	33 – 38	
	Medio	27 – 28	30 – 32	32 – 36	36 – 42	< 50
	Grueso	28 – 30	30 – 34	33 – 40	40 – 50	
γ (KN/m ³)		11 – 16	14 – 18	17 – 20	17 – 22	20 – 23

FUENTE: FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN. JOSEPH E. BOWLES. FIFTH EDITION. MCGRAW – HILL. 1996

El estrato está compuesto principalmente por limos arenosos con gravas de densidad relativa media, la resistencia al corte del suelo in situ es media ya que el número de golpes N_{COR} de la Prueba de Penetración Estándar SPT promedio es de 13, tomándose el valor de densidad relativa de 0,35 para las arenas y gravas medias.

Para obtener el valor del ángulo de fricción interna ϕ del suelo se procede aplicando la ecuación de Wolff (1989), la cual correlaciona el valor de ϕ y el valor de NCOR de la siguiente manera:

$$\phi = 27,1 + 0,30N_{COR} - 0,00054N_{COR}^2$$

A partir de los análisis del laboratorio de las muestras obtenidas en campo se obtuvo que el ángulo de fricción interna para cimentar es de 6°.

El valor de la cohesión c del suelo de cimentación se toma como cero (0,40 ton/m²), debido al carácter granular y friccionante del suelo explorado en el sondeo realizado. No se desprecia la cohesión debido al importante porcentaje de suelo fino del terreno.



Las propiedades geomecánicas en promedio del suelo de fundación son:

$$c = 0,40 \text{ ton/m}^2$$

$$\phi = 6^\circ$$

$$\gamma = 1.874 \text{ ton/m}^3$$

6.3. ESTRUCTURA Y PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

De acuerdo a la profundidad de desplante (Df) y el ancho de los cimientos (B), existen tres tipos de cimentación como se observa a continuación.

Tipos de Cimentación

CLASE	RELACION	TIPO DE CIMENTACION
Superficiales	$Df/B = 0,0 \text{ m} - 4,50 \text{ m}$	Zapatas y placas
Semiprofundas	$Df/B = 5,0 \text{ m} - 10,0 \text{ m}$	Cajones – caissons
Profundas	$Df/B \geq 10,0 \text{ m}$	Pilas – pilotes

FUENTE: INGENIERIA DE FUNDACIONES: FUNDAMENTOS E INTRODUCCION AL ANALISIS GEOTECNICO. MANUEL DELGADO VARGAS. EDITORIAL ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, 1998.

Basados en la tabla anterior, se determina realizar el diseño del sistema de cimentación superficial por medio de estructuras aisladas, cuya la relación $B/L=0.01$. El motivo por el cual se plantea este tipo de cimentación, surge debido a las características geomecánicas del suelo el cual es granular, y a la carga máxima que la construcción le transmitirá al suelo de cimentación, Con esto se consigue obtener un factor de seguridad alto para las condiciones más extremas de carga.



6.4. ELECCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

El procedimiento para elegir la profundidad de cimentación consiste en optar por una profundidad determinada, con base en consideraciones de tipo constructivo y económico principalmente, chequeando con un factor de seguridad F.S. (3,0 Norma NSR -10) si a esta profundidad el suelo de cimentación nos ofrece las condiciones de resistencia para fundar la estructura.

Si en este chequeo no se satisface las condiciones de seguridad, se elige una profundidad mayor que no sobrepase los límites económicamente factibles, o si no, se procede a cambiar el tipo de cimentación hasta lograr una profundidad "Técnica, Económica, de Facilidad Constructiva y de Seguridad" aceptable para proceder con el diseño estructural.

6.5. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE

El esfuerzo límite básico de falla de cimentaciones superficiales, puede establecerse de acuerdo con la Ecuación General de Capacidad Portante según Terzaghi:

$$\delta u = C * N_c * S_c + \gamma_t * D_f * N_q * S_q + 0,5 * \gamma_t * B * N_\gamma * S_\gamma$$

Donde N_c , N_q , y N_γ son factores adimensionales de capacidad portante los cuales dependen únicamente del ángulo de fricción interna del suelo de fundación, calculados según las siguientes ecuaciones:

Factores de corrección por Fricción

$$N_q = \tan^2 \left(32^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) e^{\pi \tan \varphi}$$

Factores de corrección por Sobrecarga

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

Factores de corrección por Base

$$N_\gamma = \tan \varphi / 2 ((K_p \gamma / \cos^2 \varphi) - 1)$$



Factores de Corrección por Forma de la Cimentación

<i>Continua</i>	<i>Redonda</i>	<i>Cuadrada</i>	<i>Rectangular</i>
$S_c = 1.0$	$S_c = 1.3$	$S_c = 1.3$	$S_c = 1 + 0.2K_p(B/L)$
$S_\gamma = 1.0$	$S_\gamma = 0.6$	$S_\gamma = 0.8$	$K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$

Siendo,

L = longitud de la cimentación

B = ancho de la cimentación

$L \geq B$

ϕ = ángulo de fricción interna del suelo de cimentación

Una vez obtenidos todos los parámetros de la ecuación de Terzaghi se realizó la gráfica en la que se interrelacionan la profundidad de cimentación (Df) y la capacidad máximo admisible, según el ancho del cimientto (B).

Hay que tener en cuenta que este gráfico se realizó para la capacidad portante del suelo de fundación del proyecto en mención Para un tipo de cimentación superficial por el sistema de cimentación continua con una relación $B/L=0.01$.

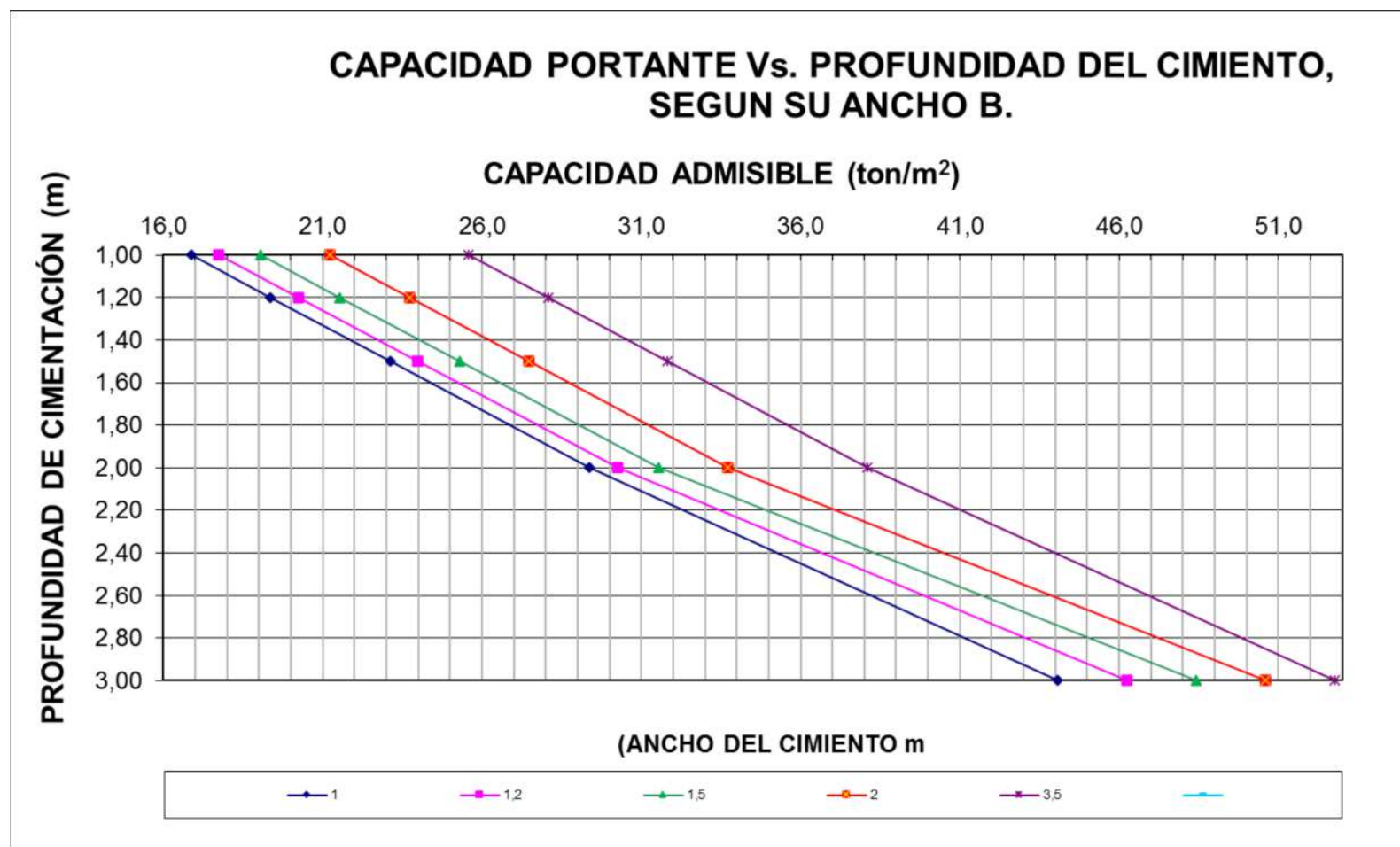
6.5.1. GRÁFICO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Relación $B/L=0.01$

$\gamma = 1.874 \text{ gr/cm}^3$

$\phi_{\text{cor}} = 6^\circ$

$C_u = 0,4 \text{ Ton/m}^2$



CAPACIDAD MÁXIMA ADMISIBLE (ton/m2) SEGÚN ANCHO DEL CIMIENTO Y PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN					
PROF. CIMENTACIÓN	ANCHO DEL CIMIENTO				
	1,0 m.	1,2 m.	1,5 m.	2,0 m.	3,0 m.
1,00 m.	16,87	19,37	23,12	29,38	44,07
1,20 m.	17,74	20,24	23,99	30,25	46,24
1,50 m.	19,04	21,55	25,30	31,55	48,42
2,00 m.	21,22	23,72	27,48	33,73	50,60
3,00 m.	25,58	28,08	31,83	38,09	52,78

6.5.2 Factores De Seguridad Directos Mínimos – FSD

Ahora de acuerdo con el reglamento NSR-10 en el literal H.2.4, se debe considerar la aplicación de un factor de seguridad básico mínimo directo sobre la capacidad última de carga obtenida. Los factores de seguridad directos recomendados se encuentran en la tabla H.2.4-1



Tabla H.2.4-1
Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos

Condición	F _{SBM}		F _{SBUM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)	No se permite	No se permite
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)	No se permite	No se permite

(*) Nota: Los parámetros sísmicos seudo estáticos de Construcción serán el 50% de los de Diseño

Este factor de seguridad se aplica sobre los parámetros geomecánicos del suelo que intervienen en forma directa en la ecuación de capacidad portante de Terzaghi:

$$C_{corr} = \frac{C}{FSI} \Rightarrow C_{corr} = \frac{0.40}{1.5} = 0.26$$

$$\phi_{corr} = \frac{\phi}{FSI} \Rightarrow \phi_{corr} = \frac{6}{1.5} = 4$$

La capacidad de carga para ϕ_{corr} y C_{corr} será:

$$B/L = 0.01$$

$$B = 1.50 \text{ m}$$

$$L = 1.50 \text{ m}$$

$$D_f = 1.50 \text{ m}$$

$$\gamma' = 1.874 \text{ ton/cm}^3$$

$$\phi_{corr} = 4^\circ$$

$$C_{corr} = 0.6 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_u = 63.25 \text{ ton/m}^2$$

Factores de seguridad indirectos mínimos – FSI

Para este proyecto se asume un FSI de 2.5 teniendo en cuenta que en los diseños realizados se consideró la carga muerta + carga viva máxima.

De acuerdo con el literal H.4.7. del reglamento NSR – 10, mediante la siguiente tabla se definen los valores mínimos de Factores De Seguridad Indirecto.



Tabla H.4.7-1
Factores de Seguridad Indirectos F_{SICP} Mínimos

Condición	F_{SICP} Mínimo
	Diseño
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.5

Este factor de seguridad se aplica sobre el resultado de capacidad máxima admisible estimada con los parámetros geotécnicos ya corregidos. Por lo cual la capacidad de carga admisible de trabajo quedará así:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_u}{FSD} \Rightarrow \frac{63.25}{2.50} = 25.30$$

En conclusión, se tiene que la capacidad portante admisible estimada es de **25.30 ton/m²**, la cual se verifico para las condiciones de carga y dimensiones establecidas por el diseñador estructural. Esto indica que es mayor a la máxima solicitud de carga impuesta por la construcción de las nuevas estructuras.

Se utilizaron los factores de seguridad mínimos directos e indirectos según el reglamento NSR-10, tabla H.2.4-1 y H.4.7-1. de esta forma se da cumplimiento a lo estipulado en el reglamento NSR-10 En donde se establece que en todos los casos los Factores De Seguridad Directos e Indirectos asumidos deben ser iguales o superiores a los valores mínimos.



7. SISMICIDAD

Departamento del Meta						
Municipio	Código Municipio	A _a	A _v	Zona de Amenaza Sísmica	A _e	A _d
Villavicencio	50001	0.35	0.30	Alta	0.20	0.07
...	...	...	...	...	...	...

Para el análisis geotécnico, se toman los parámetros de diseño establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR – 10 Título A, el cual ubica el área de estudio en una Zona de Amenaza Sísmica, debiéndose utilizar los movimientos sísmicos de diseño definidos de acuerdo con dicho reglamento, los cuales se pueden expresar por medio del espectro elástico de diseño o por medio de familias de acelerogramas y la verificación del umbral de daño. Según el espectro de diseño, los valores de A_a, A_v y A_d, para Villavicencio Meta son: 0,35; 0,30 y 0,07 respectivamente lo cual nos representa una Zona de Amenaza Sísmica Alta.

A partir de lo anterior y por su ubicación la zona de estudio se caracteriza como:

Zona de Amenaza Sísmica = Alta

Aceleración Horizontal Pico Efectiva (A_a) = 0,35

Velocidad Horizontal Pico Efectiva (A_v) = 0,30

Nivel de Umbral de Daño (A_d) = 0,07

Tipo de Perfil del suelo = D

Coefficiente de Amplificación (F_a) = 1,20 (Suelo Tipo D, Figura A.2.4-1, NSR – 10, Título A)

Coefficiente de Amplificación (F_v) = 1.80 (Suelo Tipo D, Figura A.2.4-2, NSR – 10, Título A)

Los valores de A_a y A_v al igual que los coeficientes de amplificación F_a y F_v, se determinaron teniendo en cuenta el Decreto No. 092 del 17 de Enero de 2011



8. COEFICIENTE DE PRESIÓN DE TIERRAS

Los coeficientes de presión de tierras en estado activo y estado pasivo k_a y k_p respectivamente se determinaron según Coulomb de acuerdo a la Norma NSR – 10, Título H (Estudios Geotécnicos) como se muestra a continuación, siendo ϕ el ángulo de fricción interna del suelo de fundación.

$$k_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{4^\circ}{2} \right) = 0.84$$

$$k_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{4^\circ}{2} \right) = 1.19$$

EVALUACIÓN DE ASENTAMIENTOS

De acuerdo con los resultados de laboratorio, se tiene que el suelo de cimentación es arcilloso. A partir de lo anterior, los asentamientos que se generan son producidos por el incremento en la carga y la consolidación del suelo de fundación de la planta secadora objeto del estudio.

DETERMINACIÓN DE ASENTAMIENTOS EN SUELO ARCILLOSO

Para calcular el asentamiento total en este tipo de suelo, se determinan los asentamientos producidos en el centro y una esquina de la zapata.

Asentamientos inmediatos Si

Los asentamientos primarios o inmediatos se basan en la Teoría de la Elasticidad, es decir, que tienen en cuenta el Módulo de Elasticidad E y la Relación de Poisson ν del suelo de fundación y se determinan para el centro y una esquina del área de cimentación.

Como se puede observar en la Figura No. 1, se muestra el bulbo de esfuerzos o la forma de variación de la carga aplicada, generada por la construcción de la cimentación superficial.



Sobre el suelo de fundación con la profundidad (z), la cual se consideró en función del ancho B de la cimentación (aproximadamente 10B), evidenciándose en dicha figura, que para cualquier profundidad el mayor incremento de esfuerzo, tiene lugar debajo del centro (valor de la zona de influencia de la transmisión de esfuerzos para una carga uniformemente distribuida).

El asentamiento inmediato en suelos elásticos se determina por medio de la siguiente formulación:

$$S_i = \frac{qB(1-\nu^2)}{E} I_s \text{ (en la esquina de la cimentación)}$$

$$S_i = \frac{4q\left(\frac{B}{2}\right)(1-\nu^2)}{E} I_s \text{ (en la centro de la cimentación)}$$

Siendo:

$$I_s = F_1 + \left[\frac{1-2\nu}{1-\nu} \right] F_2$$

$$F_1 = \frac{1}{\pi} \left[mLN \frac{(1+\sqrt{m^2+1})(\sqrt{m^2+n^2})}{m(1+\sqrt{m^2+n^2+1})} + LN \frac{(m+\sqrt{m^2+1})(\sqrt{n^2+1})}{m+\sqrt{m^2+n^2+1}} \right]$$

$$F_2 = \frac{n}{2\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{n\sqrt{m^2+n^2+1}} \right)$$

$$m = \frac{L}{B} \quad n = \frac{H}{B} \quad H = z = \text{Espesor de la capa de suelo que se comprime}$$



EVALUACIÓN DE ASENTAMIENTOS

La magnitud y velocidad de asentamientos y deformaciones resultantes medidos en estructuras cimentadas sobre suelos granulares, señalan que la parte del asentamiento de principal trascendencia es de carácter inmediato. No obstante que la magnitud de este asentamiento pueda ser apreciablemente menor que la de similares fundaciones sobre suelos cohesivos, es necesario considerar debidamente los asentamientos de estructuras sobre gravas, arenas y estimarlos con precisión, porque la mayoría de las estructuras son más sensibles a los asentamientos rápidos de distorsión que a los lentos; hasta el punto que, con notable frecuencia, el diseño de fundaciones sobre suelos granulares resulta regido por el criterio de asentamiento.

La alta permeabilidad característica de las arenas y gravas es responsable de que la mayor parte del asentamiento tenga lugar durante la aplicación de las cargas sobre la fundación; es más: a pesar de que las arenas y las gravas estén por debajo del nivel freático y completamente saturadas, los excesos de presión de poros se disipan rápidamente durante el proceso de carga. Por esto, se debe calcular el asentamiento en las arenas y gravas para la máxima intensidad funcional de carga (muerta más viva). Si dicha aplicación ocurre durante el proceso constructivo, el asentamiento se habrá movilizado en su mayor parte al terminar el período de construcción. Por consiguiente, con posterioridad a la finalización de dicho período sólo son probables

asentamientos menores por fluencia, excepto cuando se requieran fundaciones muy anchas, o se presenten mezclas areno limosas.



Como el suelo de fundación es principalmente granular los asentamientos que se producirán son inmediatos, es decir, se producirán al mismo tiempo o a medida en que se aplica la carga y en ocasiones la totalidad del asentamiento se producirá inclusive antes de terminarse la construcción.

MÉTODO DE SCHMERTMANN – HARTMAN (1978)

Se basa en la variación de N del SPT con la profundidad, considerando que su influencia se extiende hasta dos veces el ancho del cimiento y dividido en tres subcapas. La ecuación para determinar este asentamiento es la siguiente:

$$S_T = C_1 C_2 \overline{q_n} \sum_{n=1}^{n=n} \left(\frac{\Delta z I_z}{E_z} \right)_i$$

Donde:

S_T = Asentamiento total inmediato (mm)

C_1 = Factor de alivio de deformaciones

C_2 = Factor por fluencia en el tiempo

$\overline{q_n}$ = Esfuerzo neto de contacto (ton/m²)

I_z = Factores de influencia de asentamiento

E_z = Módulo de elasticidad del suelo (ton/m²)

Δz = Espesor de las capas de influencia de asentamiento

N = Número de golpes/pie (medido en campo y sin corregir)

La metodología para la determinación del asentamiento según este método se muestra a continuación:



De acuerdo con el diseño estructural se tiene que el esfuerzo neto de contacto $\overline{q_n} = 25.30 \text{ ton/m}^2$

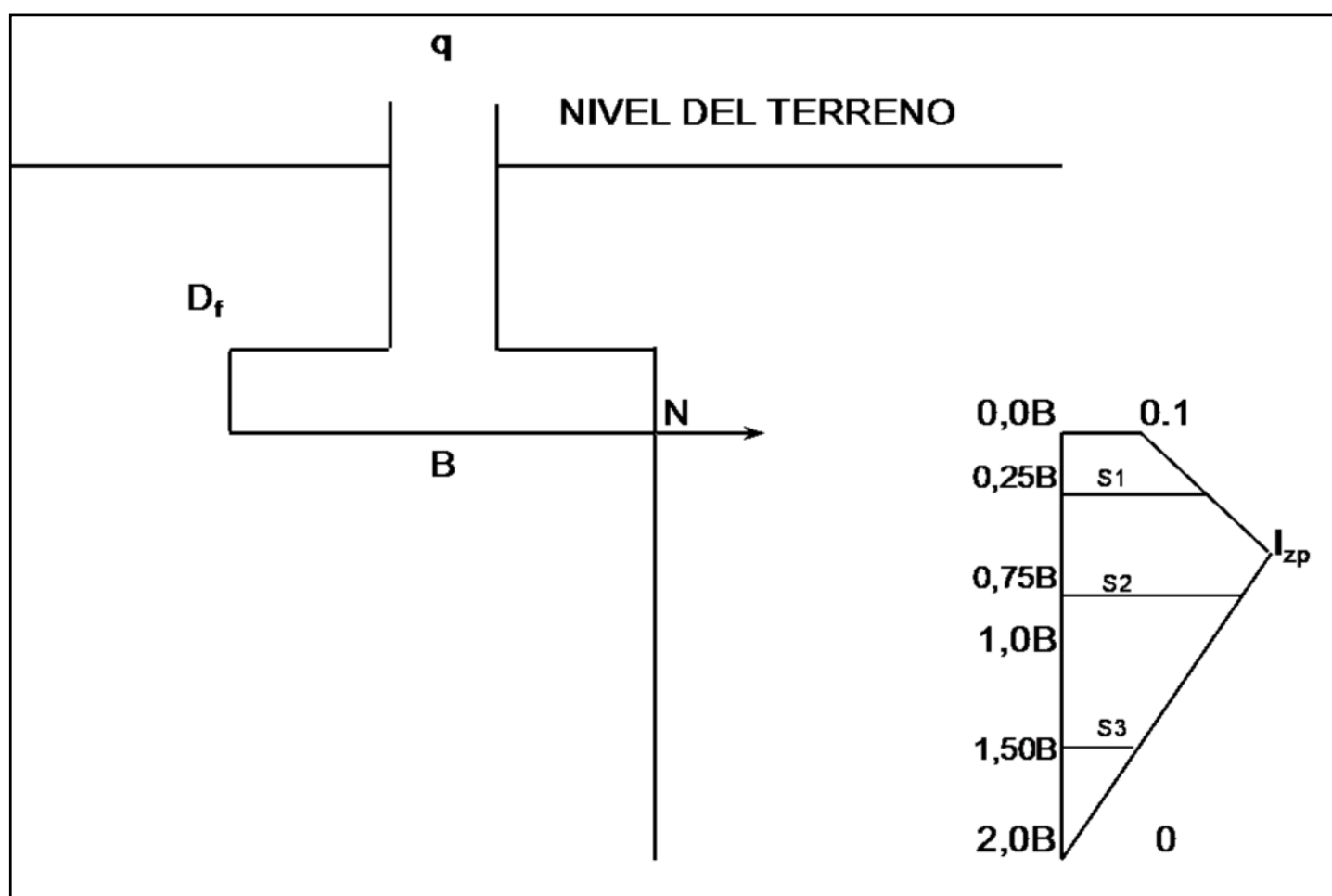
$$C_1 = 1,0 - 0,50 \frac{\gamma D_f}{q_n}$$

$$C_2 = 1,0 + 0,20 \log \left(\frac{\text{taños}}{0,10} \right)$$

t = Tiempo para que se produzca la fluencia (se toma como 5 años, debido al carácter inmediato de los asentamientos)

$$C_1 = 1,20$$

$$C_2 = 1,60$$



Esquema del Método de Schmertmann – Hartman (1978) para la Determinación de Asentamientos en Suelos Granulares



Se determina la presión efectiva de sobre capa al nivel del máximo valor de la influencia de asentamiento I_{zp} de acuerdo con la figura anterior:

$$\sigma'_{vo} = \gamma^*(0,50B + D_f) = 5.31 \text{ ton/m}^2$$

$$I_{zp} = 0,5 + 0,1 \sqrt{\frac{q_n}{\sigma'_{vo}}}; I_{zp} = 0.60; \text{ se restringe a } 0,60$$

Las influencias en la mitad del espesor de las subcapas (I_{z1} , I_{z2} , I_{z3}) se obtienen por interpolación en el diagrama de la figura, como se muestra en la siguiente tabla.

Método de Schmertmann para la Determinación de Asentamientos en Suelos Granulares

σ'_{vp} (ton/m ²)	Δq (ton/m ²)	I_{zp}	I_1	I_2	I_3
5,31	25,30	0,60	0,3500	0,5000	0,2000

Subcapa No.	Δz_i (mm)	q_c (ton/m ²)	E (ton/m ²)	I_z	$(I_z/E)\Delta z_i$
1	0,90	1.320,00	3.300,00	0,3500	0,0001
2	1,80	1.320,00	3.300,00	0,5000	0,0003
3	3,60	1.320,00	3.300,00	0,2000	0,0002
				$\Sigma =$	0,0006

Δq (ton/m ²)	C_1	C_2	S_T (m)	S_T (mm)
25,30	1,20	1,60	0,013	11,23

El asentamiento máximo esperado según este método para la cimentación de la edificación es de **11.23 mm.**



MÉTODO DE DE BEER – MARTENS (1957)

El asentamiento inmediato basado en este método, se determina de acuerdo con la siguiente formulación:

$$S_T = \sum \frac{H_i}{C_i} \ln \left(\frac{\sigma'_{vo} + \Delta \sigma'_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right)$$

Donde:

$$C_i = 1,90 \frac{q_c}{\sigma'_{vo}}, \quad q_c = 4 \text{ N (kg/cm}^2\text{)} = 40 \text{ N (ton/m}^2\text{)}$$

DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO VERTICAL EFECTIVO A Z = 2.90 M MEDIDOS DESDE LA SUPERFICIE DEL TERRENO.

$$\sigma'_{vo} = 2.36 \text{ ton/m}^2$$

$$C_1 = 241.23$$

El incremento en el esfuerzo efectivo vertical debido a $\overline{q_n}$ es:

$$\Delta \sigma'_{vo} = \frac{\overline{q_n} * B * L}{(B + z)(L + z)}$$

$$\Delta \sigma'_{vo} = 7.97 \text{ ton/m}^2$$



DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO VERTICAL EFECTIVO A Z = 4.70 M MEDIDOS DESDE LA SUPERFICIE DEL TERRENO.

$$\sigma'_{vo} = 3.42 \text{ ton/m}^2$$

$$C_2 = 143.12$$

El incremento en el esfuerzo efectivo vertical debido a $\overline{q_n}$ es:

$$\Delta\sigma'_{vo} = 2.30 \text{ ton/m}^2$$

Aplicando la ecuación se un asentamiento inmediato de obtiene

$$S_T = \sum \frac{H_i}{C_i} \ln \left(\frac{\sigma'_{vo} + \Delta\sigma'_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right)$$

$ST = 7.36 \text{ mm}$

ASENTAMIENTO DE DISEÑO

Con la evaluación de los asentamientos inmediatos por tres diferentes métodos propuestos por varios autores, se pudo obtener lo siguiente:

Autor	S _T
SCHMERTMANN – HARTMAN (1978)	11,23 mm.
DE BEER – MARTENS (1957)	7,36 mm.



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-I01
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

Se puede observar que el máximo valor de asentamiento se obtiene mediante la aplicación del Método SCHMERTMANN – HARTMAN (1978); por lo tanto, se recomienda que el análisis estructural de la nueva estructura se realice teniendo en cuenta este valor de asentamiento.

Como el suelo de fundación es principalmente granular, el asentamiento máximo total permisible debe ser 25 mm (1 pulg.), el valor obtenido es menor (11.23 mm), por lo tanto, el asentamiento calculado es aceptable.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Mediante el presente estudio geotécnico realizado en el sector donde se realizaron los **ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL UNICENTRO PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS**; se logró conocer las condiciones actuales del subsuelo en los sitios donde se fundarán los cimientos de la estructura y sus principales parámetros geomecánicos como son: clasificación con fines de ingeniería, perfil estratigráfico, parámetros de cohesión (C), fricción (ϕ) entre otros.
- Durante el proceso de trabajo de campo se realizaron pruebas *in situ* al terreno explorado, se tomaron muestras alteradas e inalteradas a las cuales se le realizaron pruebas de laboratorio con el fin de establecer sus propiedades físico-mecánicas. Con esto se logró clasificar el suelo y conocer el estado actual del terreno.
- A partir de la exploración se pudo evidenciar que estratigrafía del subsuelo es bastante homogénea hasta los 6.00 m. de profundidad en toda el área de estudio. Compuesto por dos estratos de materiales sedimentarios bien definidos, caracterizados por gravas tonalidad habana a amarillenta en la parte superior y café variando tonalidad a café oscuro en la parte inferior, con muy pocos contenidos de finos y abundantes gravas medianas subredondeadas.
- Se recomienda realizar la cimentación de las estructuras a partir de 1.50m. y que se diseñen las zapatas corridas con un ancho mínimo de 1.50m., ya que de esta manera se obtiene el área de contacto y la capacidad admisible del suelo necesario para que los asentamientos sean aceptables. En este caso y con las condiciones anteriores se espera un asentamiento máximo de **11.23 mm**; como el suelo es granular el máximo asentamiento permitido es de 1" (24.5 mm) por lo cual este asentamiento es aceptable. Esta condición se obtuvo teniendo en cuenta una carga máxima de 25.30 toneladas por zapata.
- Debe darse a los lados o paredes de la excavación una inclinación segura generalmente un ángulo de 4° se considera apropiado o bien considerar el apuntalamiento de las mismas con un material o sistema



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-101
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

apropiado que impida el derrumbamiento de las mismas. La clase de soporte dependerá del tipo de excavación, la naturaleza del terreno y la existencia de aguas subterráneas. Dentro de lo posible las excavaciones no deben ser suficientemente profundas ni estar demasiado cerca de edificios o estructuras adyacentes como para socavarlos, deben tomarse precauciones mediante puntales, soportes, etc. para impedir derrumbes o desmoronamientos cuando la estabilidad de un edificio o estructura se vea afectada por los trabajos de excavación. No se deben almacenar ni colocar materiales o equipos cerca de las orillas de las excavaciones ya que ello acarrea el peligro de que aumenten las cargas en el terreno y se derrumben las paredes de la misma. La sobrecarga uniforme mínima a considerar en sitios próximos a excavaciones temporales será de 15 kpa (1.5 t/m²).

- Cuando las excavaciones se realicen cerca de estructuras o edificios vecinos, se deberá utilizar elementos de sostenimiento para las excavaciones a fin de impedir o reducir deformaciones que se puedan presentar, y que estén asociadas con asentamientos o deslizamiento de terrenos adyacentes.



Atentamente,

DIEGO FERNANDO MARTINEZ WILCHES

Ingeniero Civil.
M.P 25202217599 CND



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-I01
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

RESULTADOS DE LABORATORIOS



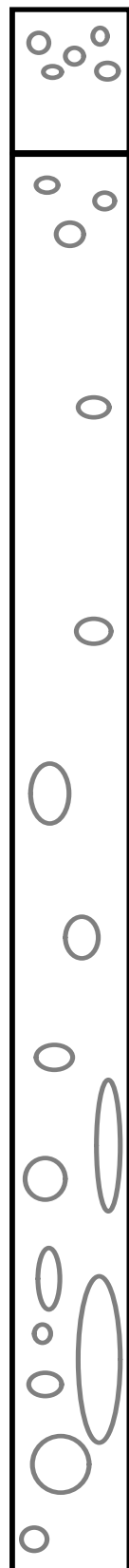
LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-I01
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

PROYECTO: ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL
UNICENTRO PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.
LOCALIZACION: VILLAVICENCIO - META
FECHA DE RECEPCION: DICIEMBRE DE 2023
TIPO DE PERFORACION: SPT

DIRIGIDO A: -CAMILO LOZANO
-DIEGO HERNANDEZ
-EDWIN ORDUY

SPT # 1



SPT 0,00 - 0,45	NF1	NF 2	NF 3
	4	5	6
HUMEDAD NATURAL 13,59% A 0,45 m limo de color café con algo de arena gruesa			
SPT 0,60 - 1,05	NF1	NF 2	NF 3
	5	5	6
HUMEDAD NATURAL 18,05% A 1,00 m P.U.H 1,866 P.U.S 1,609 limo de color café con algo de arena gruesa			
SPT 1,20 - 1,65	NF1	NF 2	NF 3
	6	5	6
HUMEDAD NATURAL 15,95% A 1,50 m IP. 10,62 Clasificacion ML limo de baja plasticidad limo con algo de arcilla de color café con algo de arena gruesa			
SPT 1,65 - 2,15	NF1	NF 2	NF 3
	6	7	8
HUMEDAD NATURAL 15,95% A 1,50 m P.U.H 1,906 P.U.S 1,609 limo con algo de arcilla de color café con algo de arena gruesa			
SPT 2,15 - 2,80	NF1	NF 2	NF 3
	9	12	14
HUMEDAD NATURAL 18,33% A 2,00 m IP. 10,62 Clasificacion ML limo de baja plasticidad limo con algo de arcilla de color café con algo de arena gruesa			
SPT 2,80 - 3,50	NF1	NF 2	NF 3
	13	14	16
HUMEDAD NATURAL 19,18% A 3,00 m P.U.H 1,851 P.U.S 1,568 limo con algo de arcilla de color café con algo de arena gruesa y grava			
SPT 3,60 - 4,20	NF1	NF 2	NF 3
	16	18	22
HUMEDAD NATURAL 18,07% A 4,00 m arena gruesa limosa de color café con gravas			
SPT 4,50 - 6,00	NF1	NF 2	NF 3
	20	25	29
HUMEDAD NATURAL 15,08% A 6,00 m arena gruesa limosa de color café con gravas			

PUNTA

OBSERVACIONES:


ELABORO

 Laboratorio Ingeniería y Construcción S.A.S
NIT. 900787728-5
CR. 30A No. 13B-21 Bar. Los Rosales
Villavicencio - Meta

REVISOR

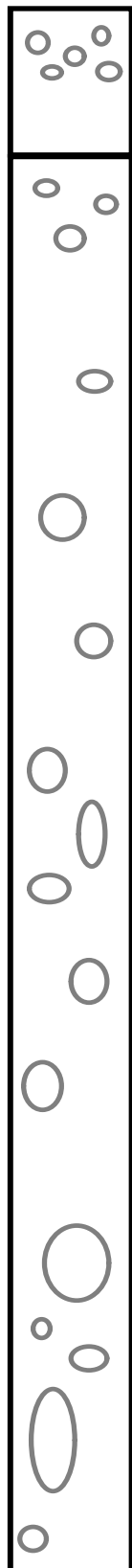


LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-101
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

PROYECTO: ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERC
UNICENTRO PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.
LOCALIZACION: VILLAVICENCIO - META
FECHA DE RECEPCION: DICIEMBRE DE 2023
TIPO DE PERFORACION: SPT DIRIGIDO A: -CAMILO LOZANO
-DIEGO HERNANDEZ
-EDWIN ORDUY

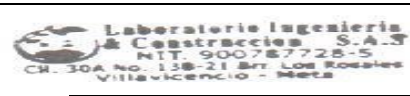
SPT # 2



SPT 0,00 - 0,45	<table><tr><th>NF1</th><th>NF 2</th><th>NF 3</th></tr><tr><td>4</td><td>4</td><td>4</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 13,59% A 0,45 m limo de color café con algo de arena gruesa	NF1	NF 2	NF 3	4	4	4	
NF1	NF 2	NF 3						
4	4	4						
SPT 0,60 - 1,05	<table><tr><th>NF1</th><th>NF 2</th><th>NF 3</th></tr><tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 18,05% A 1,00 m limo de color café con algo de arena gruesa	NF1	NF 2	NF 3	5	6	7	
NF1	NF 2	NF 3						
5	6	7						
SPT 1,20 - 1,65	<table><tr><th>NF1</th><th>NF 2</th><th>NF 3</th></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>8</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 15,95% A 1,50 m P.U.H 2,176 P.U.S 1,820 IP. 10,62 Clasificacion ML limo de baja plasticidad limo con algo de arcilla de color café con algo de arena gruesa	NF1	NF 2	NF 3	7	8	8	
NF1	NF 2	NF 3						
7	8	8						
SPT 1,65 - 2,15	<table><tr><th>NF1</th><th>NF 2</th><th>NF 3</th></tr><tr><td>8</td><td>9</td><td>9</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 18,33% A 2,00 m limo con algo de arcilla de color café con algo de arena gruesa	NF1	NF 2	NF 3	8	9	9	
NF1	NF 2	NF 3						
8	9	9						
SPT 2,15 - 2,80	<table><tr><th>NF1</th><th>NF 2</th><th>NF 3</th></tr><tr><td>9</td><td>12</td><td>13</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 18,33% A 2,00 m IP. 10,62 Clasificacion ML limo de baja plasticidad limo con algo de arcilla de color café con algo de arena gruesa	NF1	NF 2	NF 3	9	12	13	
NF1	NF 2	NF 3						
9	12	13						
SPT 2,80 - 3,50	<table><tr><th>NF1</th><th>NF 2</th><th>NF 3</th></tr><tr><td>12</td><td>14</td><td>16</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 19,18% A 3,00 m P.U.H 2,176 P.U.S 1,820 limo con algo de arcilla de color café con algo de arena gruesa y grava	NF1	NF 2	NF 3	12	14	16	
NF1	NF 2	NF 3						
12	14	16						
SPT 3,60 - 4,20	<table><tr><th>NF1</th><th>NF 2</th><th>NF 3</th></tr><tr><td>14</td><td>18</td><td>20</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 18,07% A 4,00 m arena gruesa limosa de color café con gravas	NF1	NF 2	NF 3	14	18	20	
NF1	NF 2	NF 3						
14	18	20						
SPT 4,50 - 5,20	<table><tr><th>NF1</th><th>NF 2</th><th>NF 3</th></tr><tr><td>18</td><td>23</td><td>26</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 17,43% A 5,00 m arena gruesa limosa de color café con gravas	NF1	NF 2	NF 3	18	23	26	PUNTA
NF1	NF 2	NF 3						
18	23	26						

OBSERVACIONES:


ELABORO


REVISOR



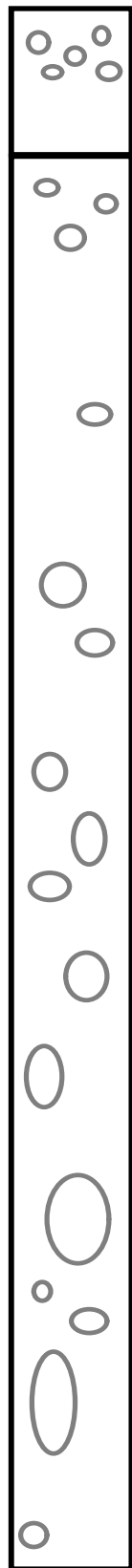
LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-I01
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

PROYECTO: ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL
UNICENTRO PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.
LOCALIZACION: VILLAVICENCIO - META
FECHA DE RECEPCION: DICIEMBRE DE 2023
TIPO DE PERFORACION: SPT

DIRIGIDO A: -CAMILO LOZANO
-DIEGO HERNANDEZ
-EDWIN ORDUY

SPT # 3



SPT 0,00 - 0,45	<table><tr><td>NF1</td><td>NF 2</td><td>NF 3</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>5</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 13,59% A 0,45 m limo de color café con algo de arena gruesa	NF1	NF 2	NF 3	4	5	5	
NF1	NF 2	NF 3						
4	5	5						
SPT 0,60 - 1,05	<table><tr><td>NF1</td><td>NF 2</td><td>NF 3</td></tr><tr><td>5</td><td>5</td><td>6</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 18,05% A 1,00 m P.U.H 2,176 P.U.S 1,820 limo de color café con algo de arena gruesa	NF1	NF 2	NF 3	5	5	6	
NF1	NF 2	NF 3						
5	5	6						
SPT 1,20 - 1,65	<table><tr><td>NF1</td><td>NF 2</td><td>NF 3</td></tr><tr><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 15,95% A 1,50 m IP. 10,62 Clasificacion ML limo de baja plasticidad limo con algo de arcilla de color café con algo de arena gruesa	NF1	NF 2	NF 3	6	7	8	
NF1	NF 2	NF 3						
6	7	8						
SPT 1,65 - 2,15	<table><tr><td>NF1</td><td>NF 2</td><td>NF 3</td></tr><tr><td>8</td><td>9</td><td>9</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 18,33% A 2,00 m limo con algo de arcilla de color café con algo de arena gruesa	NF1	NF 2	NF 3	8	9	9	
NF1	NF 2	NF 3						
8	9	9						
SPT 2,15 - 2,80	<table><tr><td>NF1</td><td>NF 2</td><td>NF 3</td></tr><tr><td>10</td><td>12</td><td>14</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 18,33% A 2,00 m IP. 10,62 Clasificacion ML limo de baja plasticidad limo con algo de arcilla de color café con algo de arena gruesa	NF1	NF 2	NF 3	10	12	14	
NF1	NF 2	NF 3						
10	12	14						
SPT 2,80 - 3,50	<table><tr><td>NF1</td><td>NF 2</td><td>NF 3</td></tr><tr><td>14</td><td>16</td><td>17</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 19,18% A 3,00 m limo con algo de arcilla de color café con algo de arena gruesa y grava	NF1	NF 2	NF 3	14	16	17	
NF1	NF 2	NF 3						
14	16	17						
SPT 3,60 - 4,20	<table><tr><td>NF1</td><td>NF 2</td><td>NF 3</td></tr><tr><td>17</td><td>20</td><td>23</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 18,07% A 4,00 m P.U.H 2,176 P.U.S 1,820 arena gruesa limosa de color café con gravas	NF1	NF 2	NF 3	17	20	23	
NF1	NF 2	NF 3						
17	20	23						
SPT 4,50 - 6,00	<table><tr><td>NF1</td><td>NF 2</td><td>NF 3</td></tr><tr><td>23</td><td>25</td><td>28</td></tr></table> HUMEDAD NATURAL 16,15% A 6,00 m arena gruesa limosa de color café con gravas	NF1	NF 2	NF 3	23	25	28	PUNTA
NF1	NF 2	NF 3						
23	25	28						

OBSERVACIONES:

ELABORO

REVISOR



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-I01
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

PROYECTO ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL
UNICENTRO PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.

FECHA DE RECEPCION: DICIEMBRE DE 2023 **FECHA DE ELABORACION** DICIEMBRE DE 2023

SONDEOS: 1, 2 Y 3

DIRIGIDO A:

-CAMILO LOZANO
-DIEGO HERNANDEZ
-EDWIN ORDUY

LOCALIZACION: VILLAVICENCIO - META

Sondeo	Profun	W. MUESTRA	W MUES PARAFINADA	W MUESTRA SUMERGIDA	HUMEDAD NATURAL	P.U.H	P.U.S.
1	1,00	152	158	70	15,95	1,866	1,609
2	3,00	149	155	68	18,07	1,851	1,568
3	2,00	138	145	65	18,48	1,906	1,609

OBSERVACIONES

ELABORO



REVISÓ



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-I01
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

PROYECTO: ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL
UNICENTRO PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.

LOCALIZACION: VILLAVICENCIO - META

FECHA DE RECEPCION: DICIEMBRE DE 2023

FECHA: DICIEMBRE DE 2023 **DIRIGIDO A:** -CAMILO LOZANO
-DIEGO HERNANDEZ
-EDWIN ORDUY

SONDEO	MUESTRA	PROF. (m.)	W recip	Wr+mh	Wr+ms	% hum.	Promedio
1	1	0,45 m.	5,83	40,16	37,21	9,40	13,59
	2		5,49	41,35	36,58	15,34	
	3		5,78	40,75	35,92	16,03	
1	4	1,50 m.	5,12	42,85	37,45	16,70	15,95
	5		5,72	42,98	38,16	14,86	
	6		5,81	42,37	37,25	16,28	
1	7	3,00 m.	5,64	41,16	35,26	19,92	19,18
	8		5,28	41,72	36,29	17,51	
	9		5,37	41,82	35,72	20,10	
2	10	2,00 m.	5,98	40,35	34,91	18,80	18,33
	11		5,64	40,16	35,12	17,10	
	12		5,22	40,36	34,73	19,08	
2	13	4,00 m.	5,78	41,75	36,24	18,09	18,07
	14		5,16	41,39	35,25	20,41	
	15		5,69	41,72	36,83	15,70	
2	16	6,00 m.	5,64	40,58	36,24	14,18	15,08
	17		5,18	40,69	35,82	15,89	
	18		5,38	40,78	36,12	15,16	

OBSEVACIONES:

[Handwritten signature]



ELABORO



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-I01
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

PROYECTO ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL
UNICENTRO PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.

LOCALIZACION: VILLAVICENCIO - META

FECHA DE RECEPCION: DICIEMBRE DE 2023

FECHA: DICIEMBRE DE 2023 **DIRIGIDO A** -CAMILO LOZANO
-DIEGO HERNANDEZ
-EDWIN ORDUY

SONDEO	MUESTRA	PROF. (m.)	W recip	Wr+mh	Wr+ms	% hum.	Promedio
3	19	1,00 m.	5,72	42,86	37,62	16,43	18,05
	20		5,89	42,17	36,25	19,50	
	21		5,16	41,96	36,29	18,21	
3	22	2,00 m.	5,82	41,00	35,72	17,66	18,48
	23		5,92	41,72	36,28	17,92	
	24		5,37	41,39	35,42	19,87	
3	25	5,00 m.	5,16	41,27	35,19	20,25	17,43
	26		5,28	41,16	36,37	15,41	
	27		5,75	41,28	36,21	16,65	
3	28	6,00 m.	5,46	40,72	36,75	12,69	16,15
	29		5,38	40,85	35,25	18,75	
	30		5,28	40,36	35,26	17,01	

OBSEVACIONES:

[Handwritten signature]



ELABORO



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-101
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

PROYECTO: ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL UNICENTRO
PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.

PROFUNDIDAD: 0,45 m **LOCALIZACION:** VILLAVICENCIO - META

DESCRIPCION: LIMO CON ALGO DE ARENA GRUESA DE COLOR CAFÉ

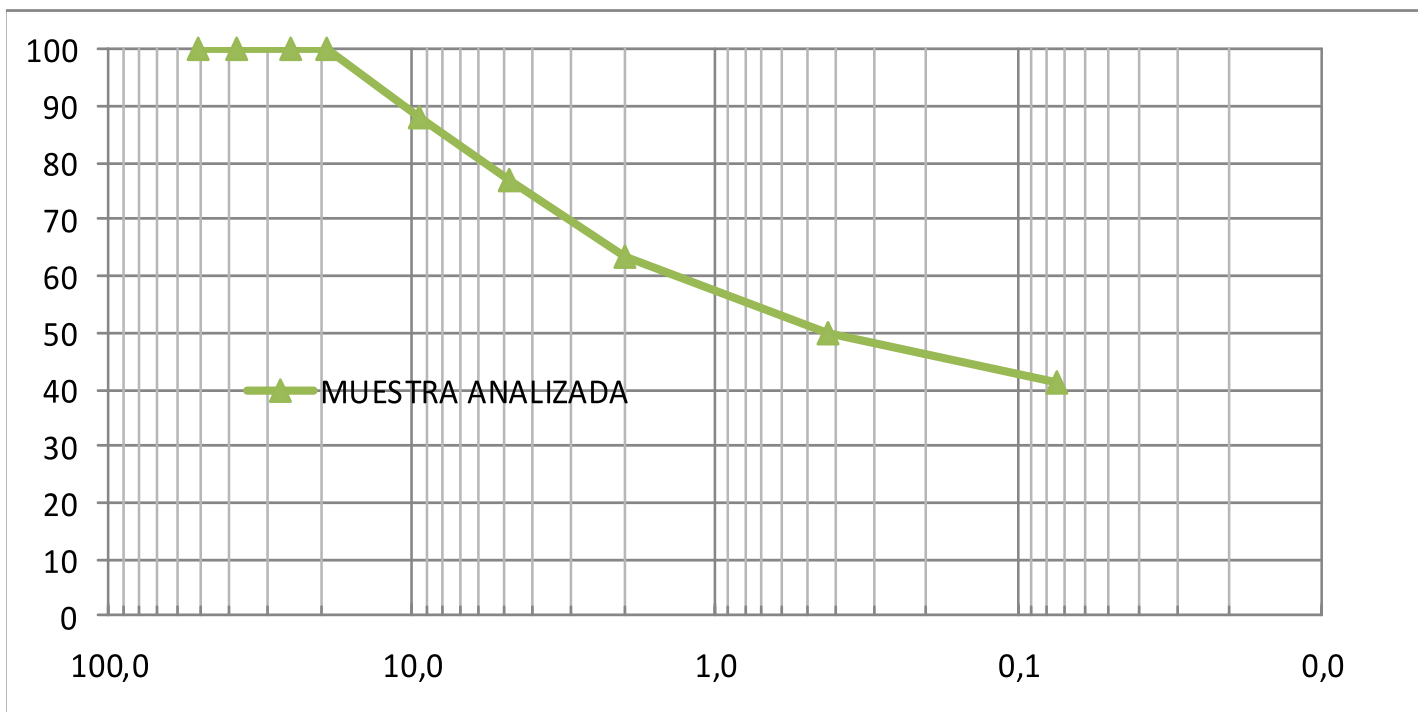
FECHA DE RECEPCION: DICIEMBRE DE 2023 **DIRIGIDO A:** -CAMILO LOZANO

FECHA DE ELBORACION: DICIEMBRE DE 2023
-DIEGO HERNANDEZ
-EDWIN ORDUY

PESO INICIAL 674,0 gr

error % 0,00

TAMIZ	TAMIZ mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% PASA	ESPECIFICACIÓN
2"	50,800	0	0,0%	0,0%	100,0%	GRAVA 23,00%
1 1/2"	38,100	0	0,0%	0,0%	100,0%	
1"	25,400	0	0,0%	0,0%	100,0%	ARENA 35,76%
3/4"	19,050	0	0,0%	0,0%	100,0%	
3/8"	9,525	82	12,2%	12,2%	87,8%	PASA 41,25%
N°4	4,750	73	10,8%	23,0%	77,0%	
N°10	2,000	93	13,8%	36,8%	63,2%	
N° 40	0,425	89	13,2%	50,0%	50,0%	
N° 200	0,075	59	8,8%	58,8%	41,2%	
Fondo		278	41,2%			
TOTALES		674,0				



D60 1,5 D30 0 D10 0,1

Cu 15,00 Cc 0,000 USC ML

CLASIFICA LIMOS Y ARCILLAS

ELABORO

REVISO

Laboratorio Ingenieria
& Construcción S.A.S
NIT. 900787728-5
CH. 30A No. 13B-21 Bar. Los Rosales
Villavicencio - Meta



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-101
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

PROYECTO: ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL UNICENTRO
PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.

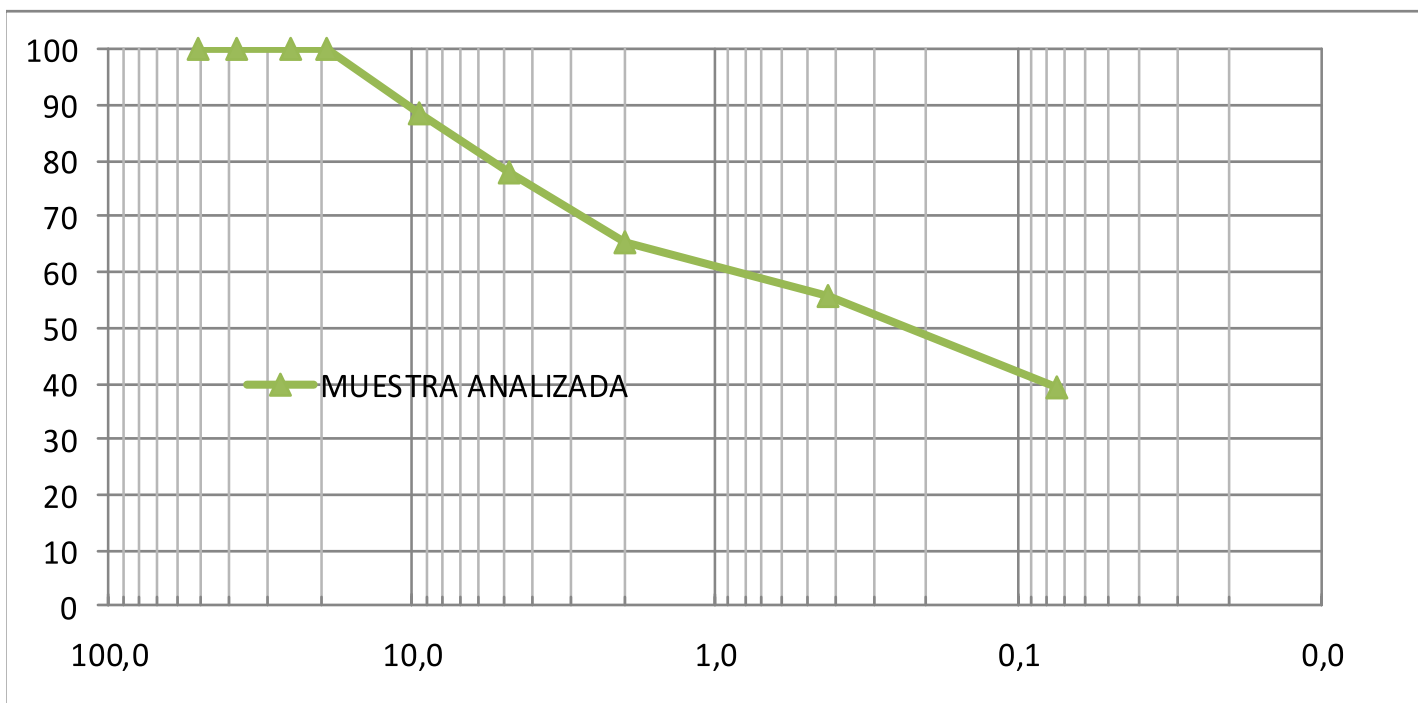
PROFUNDIDAD: 1,50 m **LOCALIZACION:** VILLAVICENCIO - META

DESCRIPCION: LIMO COLOR CAFÉ

FECHA DE RECEPCION: DICIEMBRE DE 2023 **DIRIGIDO A:** -CAMILO LOZANO

FECHA DE ELBORACION: DICIEMBRE DE 2023
-DIEGO HERNANDEZ
-EDWIN ORDUY

PESO INICIAL	646,0	gr	error %	0,00			
TAMIZ	TAMIZ mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% PASA	ESPECIFICACIÓN	
2"	50,800	0	0,0%	0,0%	100,0%		GRAVA
1 1/2"	38,100	0	0,0%	0,0%	100,0%		21,98%
1"	25,400	0	0,0%	0,0%	100,0%		
3/4"	19,050	0	0,0%	0,0%	100,0%		ARENA
3/8"	9,525	73	11,3%	11,3%	88,7%		38,70%
N°4	4,750	69	10,7%	22,0%	78,0%		
N°10	2,000	82	12,7%	34,7%	65,3%		PASA
N° 40	0,425	63	9,8%	44,4%	55,6%		39,32%
N° 200	0,075	105	16,3%	60,7%	39,3%		
Fondo		254	39,3%				
TOTALES		646,0					



D₆₀ 0,9 D₃₀ 0 D₁₀ 0,1
Cu 9,00 Cc 0,000 USC ML
CLASIFICA LIMOS Y ARCILLAS

ELABORO

REVISO

Laboratorio Ingeniería
& Construcción S.A.S
NIT. 900787728-5
CR. 30A No. 13B-21 Bar. Los Rosales
Villavicencio - Meta



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-101
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

PROYECTO: ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL UNICENTRO
PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.

PROFUNDIDAD: 3,00 m **LOCALIZACION:** VILLAVICENCIO - META

DESCRIPCION: LIMO CON ALGO DE ARENA GRUESA Y GRAVA DE COLOR CAFÉ

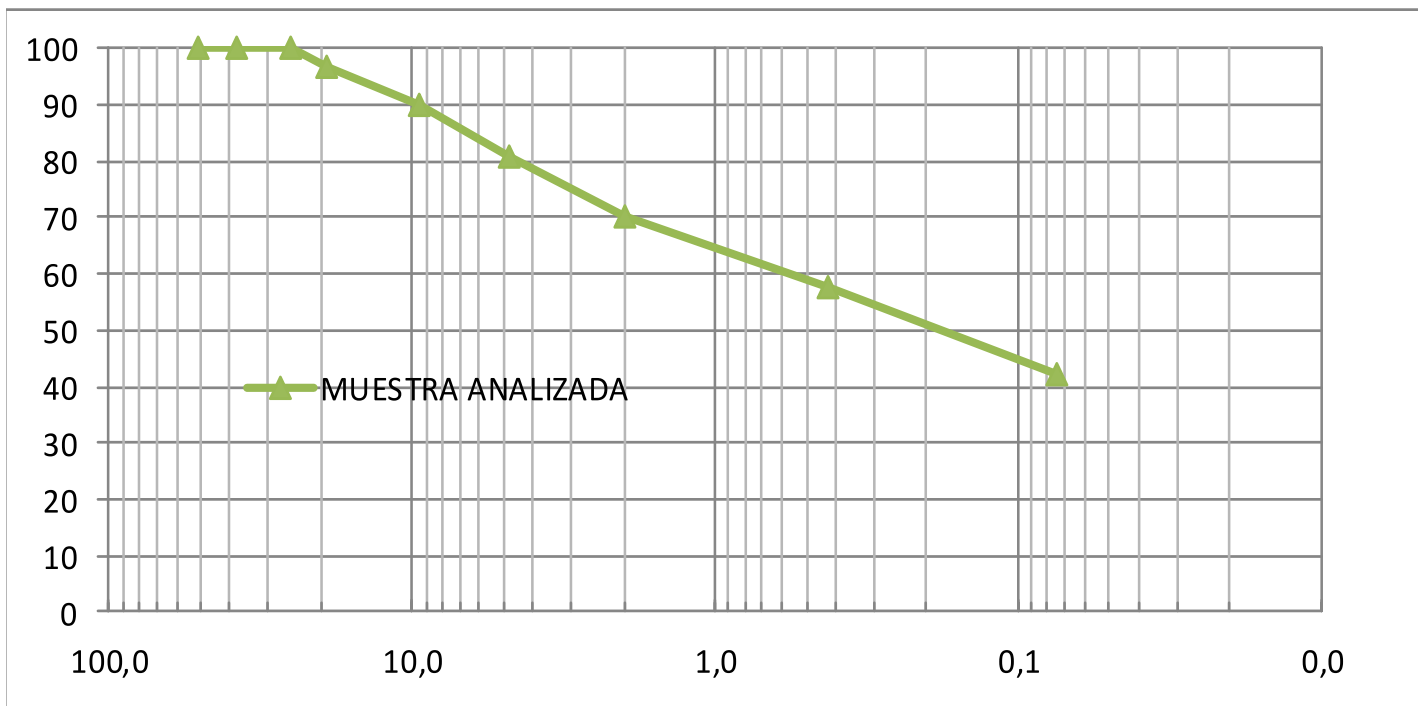
FECHA DE RECEPCION: DICIEMBRE DE 2023 **DIRIGIDO A:** -CAMILO LOZANO

FECHA DE ELBORACION: DICIEMBRE DE 2023
-DIEGO HERNANDEZ
-EDWIN ORDUY

PESO INICIAL 773,0 gr

error % 0,00

TAMIZ	TAMIZ mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% PASA	ESPECIFICACIÓN
2"	50,800	0	0,0%	0,0%	100,0%	GRAVA 19,28%
1 1/2"	38,100	0	0,0%	0,0%	100,0%	
1"	25,400	0	0,0%	0,0%	100,0%	ARENA 38,68%
3/4"	19,050	25	3,2%	3,2%	96,8%	
3/8"	9,525	53	6,9%	10,1%	89,9%	PASA 42,04%
N°4	4,750	71	9,2%	19,3%	80,7%	
N°10	2,000	82	10,6%	29,9%	70,1%	
N° 40	0,425	96	12,4%	42,3%	57,7%	
N° 200	0,075	121	15,7%	58,0%	42,0%	
Fondo		325	42,0%			
TOTALES		773,0				



D60 0,6 D30 0 D10 0,1
Cu 6,00 Cc 0,000 USC ML
CLASIFICA LIMOS Y ARCILLAS

ELABORO

REVISO

Laboratorio Ingenieria
& Construcción S.A.S
NIT. 900787728-5
CH. 30A No. 13B-21 Bar. Los Rosales
Villavicencio - Meta



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-101
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

PROYECTO: ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL UNICENTRO
PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.

PROFUNDIDAD: 4,50 m **LOCALIZACION:** VILLAVICENCIO - META

DESCRIPCION: ARENA GRUESA CON ALGO DE LIMO Y GRAVA DE COLOR CAFÉ

FECHA DE RECEPCION: DICIEMBRE DE 2023 **DIRIGIDO A:** -CAMILO LOZANO

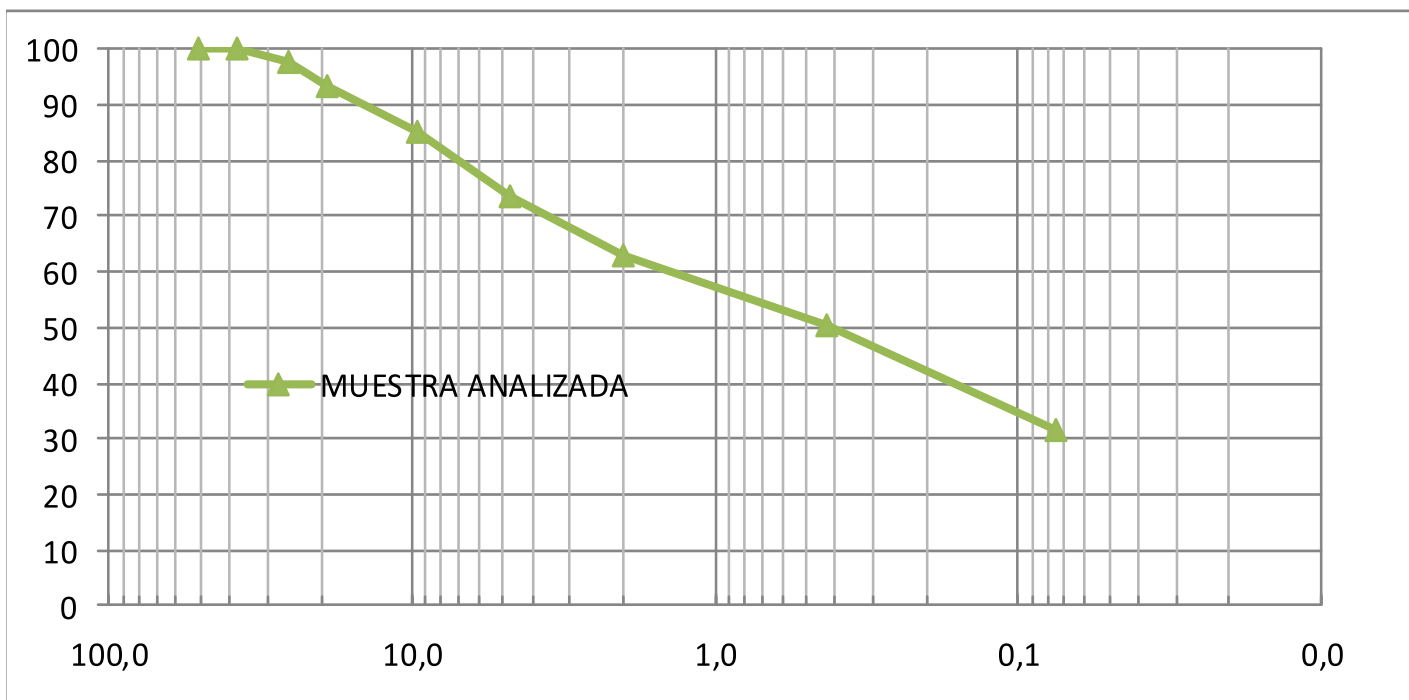
FECHA DE ELBORACION: DICIEMBRE DE 2023 -DIEGO HERNANDEZ

-EDWIN ORDUY

PESO INICIAL 712,0 gr

error % 0,00

TAMIZ	TAMIZ mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% PASA	ESPECIFICACIÓN
2"	50,800	0	0,0%	0,0%	100,0%	GRAVA 26,26%
1 1/2"	38,100	0	0,0%	0,0%	100,0%	
1"	25,400	15	2,1%	2,1%	97,9%	ARENA 42,28%
3/4"	19,050	32	4,5%	6,6%	93,4%	
3/8"	9,525	59	8,3%	14,9%	85,1%	
N°4	4,750	81	11,4%	26,3%	73,7%	PASA 31,46%
N°10	2,000	76	10,7%	36,9%	63,1%	
N° 40	0,425	89	12,5%	49,4%	50,6%	
N° 200	0,075	136	19,1%	68,5%	31,5%	
Fondo		224	31,5%			
TOTALES		712,0				



D60 0,5 D30 0 D10 0,1
Cu 5,00 Cc 0,000 USC GP
CLASIFICA ARENAS Y GRAVAS

ELABORO

REVISO

Laboratorio Ingeniería
& Construcción S.A.S
NIT. 900787728-5
CL. 30A No. 13B-21 Bar. Los Rosales
Villavicencio - Meta



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-101
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

PROYECTO: ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL UNICENTRO
PROYECTO DE TPI UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.

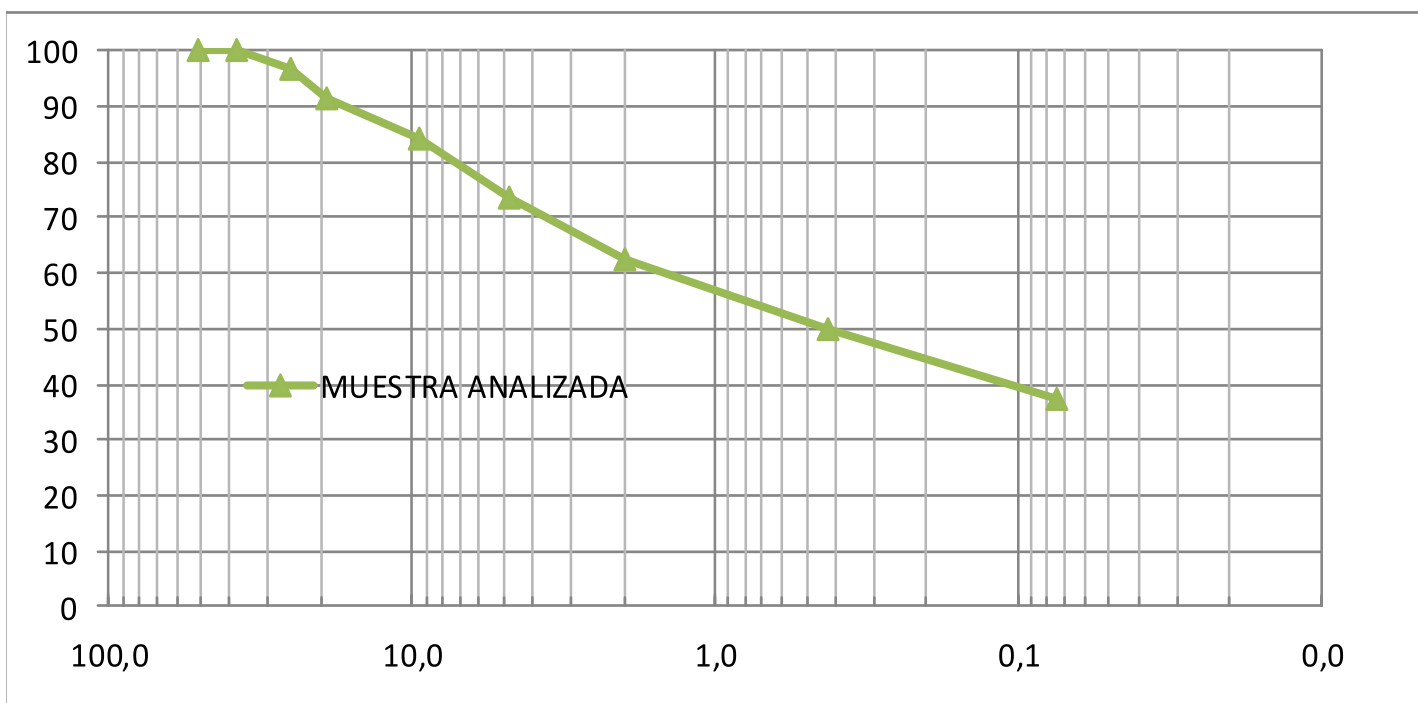
PROFUNDIDAD: 6,00 m **LOCALIZACION:** VILLAVICENCIO - META

DESCRIPCION: ARENA GRUESA CON ALGO DE LIMO Y GRAVA DE COLOR CAFÉ

FECHA DE RECEPCION: DICIEMBRE DE 2023 **DIRIGIDO A:** -CAMILO LOZANO

FECHA DE ELBORACION: DICIEMBRE DE 2023
-DIEGO HERNANDEZ
-EDWIN ORDUY

PESO INICIAL	679,0	gr	error %	0,00			
TAMIZ	TAMIZ mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% PASA	ESPECIFICACIÓN	
2"	50,800	0	0,0%	0,0%	100,0%		GRAVA
1 1/2"	38,100	0	0,0%	0,0%	100,0%		
1"	25,400	22	3,2%	3,2%	96,8%		ARENA
3/4"	19,050	35	5,2%	8,4%	91,6%		
3/8"	9,525	52	7,7%	16,1%	83,9%		
N°4	4,750	69	10,2%	26,2%	73,8%		PASA
N°10	2,000	78	11,5%	37,7%	62,3%		
N° 40	0,425	83	12,2%	49,9%	50,1%		
N° 200	0,075	86	12,7%	62,6%	37,4%		
Fondo		254	37,4%				
TOTALES		679,0					



D60 0,9 D30 0 D10 0,5
Cu 1,80 Cc 0,000 USC GP
CLASIFICA ARENAS Y GRAVAS

ELABORO

[Firma manuscrita]

REVISO

Laboratorio Ingeniería
& Construcción S.A.S
NIT. 900787728-5
CR. 30A No. 13B-21 Bar. Los Rosales
Villavicencio - Meta



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-101
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

PROYECTO: ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL UNICENTRO PROYECTO DE TPI
UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.

LOCALIZACION: VILLAVICENCIO - META

FECHA DE RECEPCION: DICIEMBRE DE 2023

SONDEO: 1

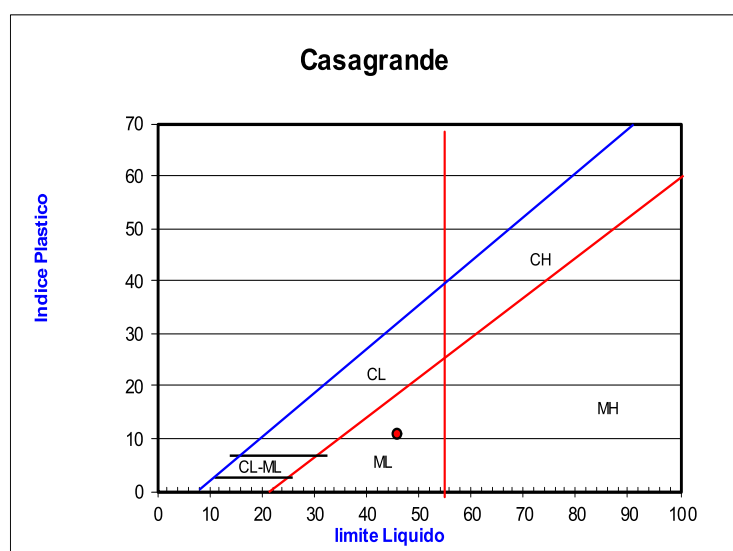
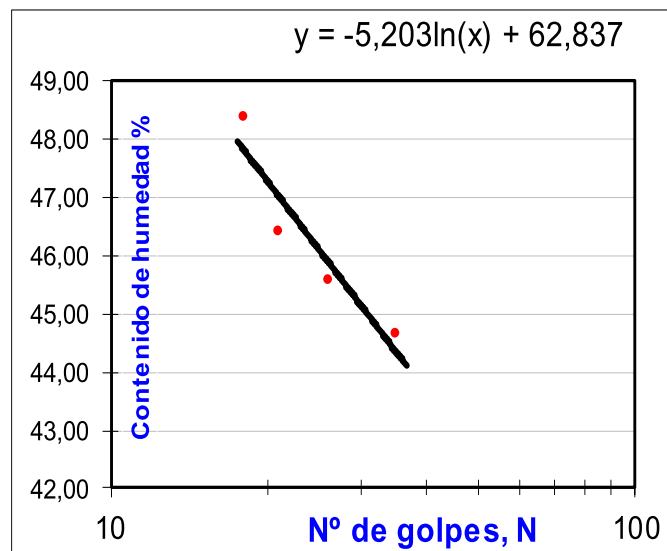
DIRIGIDO A:

-CAMILO LOZANO
-DIEGO HERNANDEZ
-EDWIN ORDUY

PROFUNDIDAD: 1,50

Determinación del limite liquido

Recipiente n°	65	47	18	73
Peso de suelo humedo + recipiente	45,56	46,83	45,38	46,63
Peso de suelo seco + recipiente	32,45	33,72	32,86	33,97
Peso de recipiente	5,36	5,46	5,40	5,61
Peso de suelo seco	27,09	28,26	27,46	28,36
Peso de agua	13,11	13,11	12,52	12,66
Contenido de humedad	48,39	46,39	45,59	44,64
Numero de golpes, N	18	21	26	35



Determinación del Límite Plástico

Recipiente N°	32	72	38
Peso de suelo humedo + recipiente	31,45	31,52	31,62
Peso de suelo seco + recipiente	24,56	24,83	24,73
Peso de recipiente	5,63	5,48	5,29
Peso de suelo seco	18,93	19,35	19,44
Peso de agua	6,89	6,69	6,89
Contenido de humedad %	36,40	34,57	35,44
Promedio		35,47	

Límite Líquido

46,09

Límite Plástico

35,47

Índice de Plasticidad Ip

10,62

Observaciones

[Handwritten signature]

Laboratorio Ingeniería
& Construcción S.A.S
NIT. 900787728-5
CH. 30A No. 13B-21 Bar. Los Rosales
Villavicencio - Meta

ELABORO



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-101
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

PROYECTO: ESTUDIOS TECNICOS PARA INVESTIGACION TECNICA CENTRO COMERCIAL UNICENTRO PROYECTO DE TPI
UNIVERSIDAD SANTO THOMAS.

LOCALIZACION VILLAVICENCIO - META

FECHA DE RECEPCION: DICIEMBRE DE 2023

SONDEO: 2

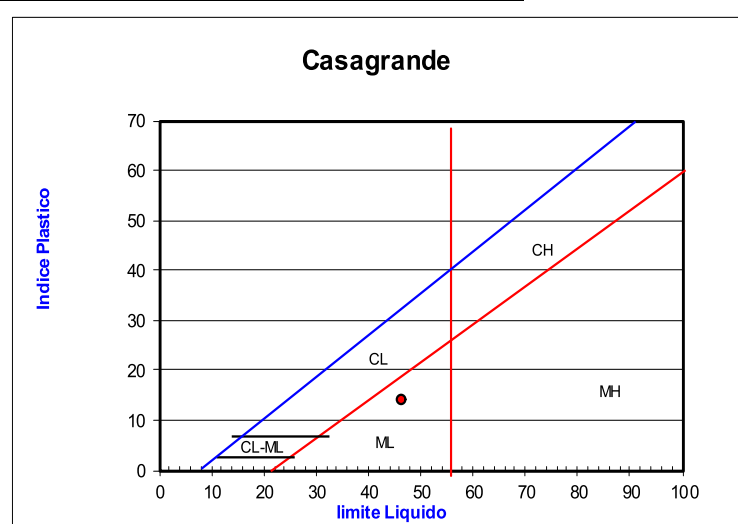
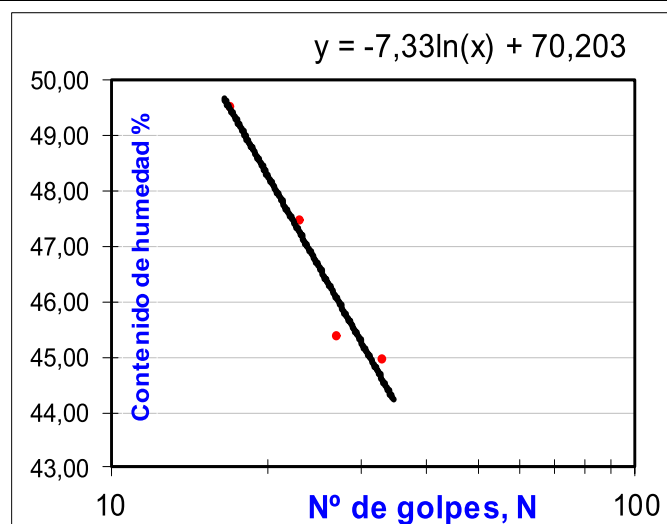
DIRIGIDO A:

-CAMILO LOZANO
-DIEGO HERNANDEZ
-EDWIN ORDUY

PROFUNDIDAD: 3,00

Determinación del limite liquido

Recipiente n°	43	51	67	50
Peso de suelo humedo + recipiente	46,33	44,72	44,15	45,72
Peso de suelo seco + recipiente	32,72	32,17	32,24	33,24
Peso de recipiente	5,24	5,73	5,98	5,47
Peso de suelo seco	27,48	26,44	26,26	27,77
Peso de agua	13,61	12,55	11,91	12,48
Contenido de humedad	49,51	47,47	45,35	44,94
Numero de golpes, N	17	23	27	33



Determinación del Límite Plástico

Recipiente N°	24	31	19
Peso de suelo humedo + recipiente	33,45	32,61	32,85
Peso de suelo seco + recipiente	26,34	25,98	26,25
Peso de recipiente	5,64	5,72	5,82
Peso de suelo seco	20,7	20,26	20,43
Peso de agua	7,11	6,63	6,6
Contenido de humedad %	34,35	32,72	32,31
Promedio		33,13	

Límite Líquido

46,61

Límite Plástico

33,13

Indice de Plasticidad Ip

13,48

Observaciones

ELABORO





LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-I01
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	

REGISTRO FOTOGRAFICO



LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
LABINGCON S.A.S
NIT. 900787728-5

version n° 002	codigo: LAB-ENS-I01
fecha: 04/04/2019	
responsable: coordinados SGC	



Anexo I — Carta de autorización del Centro Comercial Unicentro Villavicencio

Carta o documento firmado por el representante legal o administrador del Centro Comercial Unicentro Villavicencio autorizando la realización del estudio patológico en sus instalaciones y el uso de la información obtenida con fines académicos.

Villavicencio 14/12/2023

**ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE USO DE LA INFORMACIÓN DEL CENTRO COMERCIAL UNICENTRO
VILLAVICENCIO**

Por medio del presente documento yo **DIANA JURIETH RUBIO MONTAÑA** identificada con numero de documento CC 40.326.767, actuando en calidad de representante legal del **CENTRO COMERCIAL UNICENTRO VILLAVICENCIO**, autorizo al señor **EDWIN DAVID ORDUY GARAY** identificado con número de documento **1.121.937.153** estudiante del programa de postgrado **PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION** a usar y disponer por única vez de la información pública y privada del centro comercial con la finalidad de que pueda desarrollar su tesis de grado.

Atentamente



Diana Jurieth Rubio Montaña
Gerente