CONCEPTO TÉCNICO SOBRE LA ESTABILIDAD Y CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DE ANDÉNES EN ENTORNOS INSTITUCIONALES CON APOYO EN SUELOS LIMOSOS

1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE

En el marco del proyecto de adecuación y ampliación del área de almacenamiento transitoria de materiales de formación, maquinaria, equipo, accesibilidad medio físico y puntos de anclaje sobre cubiertas, a desarrollarse en las instalaciones del SENA – Centro Agropecuario Regional Cauca, sede Popayán (Carrera 9 # 71N – 60), se contempla la construcción de un andén peatonal como parte del sistema de accesibilidad a las distintas dependencias institucionales.

El diseño inicial considera como soporte del andén un relleno de limo amarillo, dispuesto en capas compactadas de no más de 0.15 m. Debido a las características de este tipo de suelo y la función del andén en un entorno institucional con alto tránsito peatonal, se hace necesario emitir el presente concepto técnico con el objeto de proponer una modificación al método constructivo solicitado con el fin de garantizar la estabilidad futura de estos elementos a construir.

2. CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS DEL LIMO AMARILLO

El limo amarillo, común en zonas urbanas de Popayán, presenta propiedades geotécnicas que pueden comprometer la estabilidad y durabilidad de estructuras superficiales. Entre las problemáticas asociadas destacan:

INGENIERÍA INTEGRAL MP
Construimos Futuro

- **Susceptibilidad a variaciones de humedad:** este suelo puede absorber agua y expandirse, o contraerse al secarse, generando cambios volumétricos que afectan directamente la uniformidad del apoyo de la losa de concreto (Holtz, Kovacs & Sheahan, 2011).

- **Asentamientos diferenciales:** debido a su baja resistencia al corte cuando se encuentra saturado y su comportamiento compresible, el limo puede sufrir asentamientos localizados, especialmente en zonas de tránsito frecuente o expuestas al escurrimiento superficial.

- **Pobre drenaje y acumulación de agua:** su baja permeabilidad favorece la retención de humedad, incrementando los riesgos de debilitamiento estructural.

Estas condiciones pueden derivar en fisuración prematura de la losa, pérdida de nivelación del andén y mayor vulnerabilidad frente a la posibilidad de transporte de cargas pesadas que puedan movilizarse por este corredor, incluso si se trata exclusivamente de tránsito peatonal.

Aunque el andén está destinado únicamente al tránsito peatonal, al tratarse de un acceso institucional de uso continuo se espera una alta frecuencia de paso, tanto de aprendices como de personal operativo. En este contexto:

- Se requiere garantizar estabilidad estructural, evitando patologías como fisuras, levantamientos o hundimientos.

- Debe garantizarse la accesibilidad universal y la seguridad peatonal, lo cual depende de una superficie uniforme y sin deformaciones.

En superficies delgadas de concreto (andenes), la respuesta estructural es muy sensible a variaciones de humedad de la subrasante. La Cartilla de Andenes de Bogotá advierte explícitamente que las losas de concreto son sensibles a cambios de humedad del suelo y recomienda mejoramiento de subrasante y conformación adecuada de la subbase granular, justamente para evitar fisuración, pérdida de nivelación y daño prematuro. Esto refuerza que un limo (material fino, baja permeabilidad) no es un soporte confiable para la losa, especialmente en zonas de tránsito peatonal continuo.

INGENIERÍA INTEGRAL MP

3. CONDICIONES DE USO

El andén proyectado operará como acceso peatonal principal a dependencias del SENA, con picos de flujo asociados a cambios de jornada, ingreso/salida de aprendices y actividades institucionales. Esta condición implica exigencias funcionales y de integridad estructural incluso sin tránsito vehicular.

- **Demanda funcional y de servicio:**

    - Continuidad y nivelación: la superficie debe permanecer uniforme (sin resaltos ni desniveles perceptibles) para seguridad peatonal y accesibilidad universal. Se busca minimizar discontinuidades que puedan surgir por asentamientos diferenciales del soporte.

- Resistencia al uso repetitivo: la frecuencia de paso genera cargas cíclicas de baja magnitud, pero altamente repetitivas; en losas delgadas, esto se traduce en sensibilidad a fisuración por retracción y a alabeos cuando el soporte no es homogéneo.

- Elementos rodantes livianos: es razonable prever carretillas o carros de servicio ocasionales (transporte de elementos livianos), lo que refuerza la necesidad de apoyo estable y drenante (subbase granular compactada), aun cuando el uso sea peatonal.

- **Implicaciones para el diseño estructural:**

  - Soporte y mejora del terreno: la subrasante (suelo natural) puede presentar sectores de limo con alta sensibilidad a la humedad; por ello, se recomienda subbase granular como capa estructural de apoyo del andén.

  - Subbase granular (SBG): se propone espesor de referencia 200 mm compactado (≥ 95 % Proctor Modificado),. Esta capa:
    - Aumenta la capacidad portante, distribuye esfuerzos y reduce asentamientos diferenciales.
    - Mejora el drenaje bajo la losa, mitigando gradientes de humedad que inducen alabeo y fisuración temprana.
    - Aísla la losa del comportamiento volumétrico del limo

  - Losa de concreto: ejecutar curado efectivo y control de juntas para minimizar fisuración por retracción. En tramos con equipamientos o mobiliario, prever refuerzos locales o espesores puntualmente mayores si el detalle constructivo lo amerita.

INGENIERIA INTEGRAL MP
Construimos Futuro

4. MARCO NOTMATIVO Y TÉCNICO APLICABLE

- **Estándares nacionales de andenes (ancho y componentes).**

  El Decreto 798 de 2010 define elementos y estándares para andenes; establece que la franja de circulación peatonal tendrá ancho mínimo de 1,20 m y que el andén se compone de franja de circulación y franja de amoblamiento. Nuestros anchos (1,30–1,50 m) superan el mínimo nacional y se alinean con buenas prácticas para equipamientos.

- **Guías técnicas para la estructura (capas granulares).**

  Las Especificaciones Técnicas IDU ET-IC-01 incluyen el capítulo 500-18 "Generalidades para bases y subbases granulares", donde se define la Subbase Granular Peatonal (SBG-PEA) dentro del inventario oficial de materiales para infraestructura vial y de espacio público en Bogotá. Esto prueba que, para andenes, la práctica estándar es usar capas granulares de soporte (no suelos limosos).

- **Cartilla de Andenes de Bogotá (2018).**

La Cartilla detalla estructuras tipo para espacio público peatonal:

- Para condiciones peatonales típicas, subbase granular SBG-PEA (Sección 400 IDU-ET-2011 o vigente).
- Para escenarios que eventualmente soporten cargas mayores (accesos/localizados), SBG-C (CBR ~30%).
- Procedimientos: mejoramiento de subrasante cuando aplique, geotextil de separación, y compactación de capas granulares según IDU.
- Esto respalda técnica y documentalmente la sustitución del "limo amarillo" por una subbase granular en andenes.

INGENIERÍA INTEGRAL MP

- **Norma de Construcción de Andenes – EPM**

  La Norma EPM exige construir andenes sobre un entresuelo de 200 mm de base granular compactada (densidad ≥95% Proctor Modificado), y fija pendiente transversal del 2%. Además, indica juntas de dilatación espaciadas máximo cada 2 m, y recomienda ancho mínimo de 1,50 m para la franja de circulación peatonal en nuevos andenes. Estos criterios son plenamente transferibles a contextos institucionales para garantizar desempeño y accesibilidad.

5. RECOMENDACIÓN ESTRUCTURAL PARA EL PROYECTO

Con el propósito de asegurar el desempeño, la durabilidad y la accesibilidad del andén peatonal en las instalaciones del SENA – Centro Agropecuario Regional Cauca (Popayán), se adopta como solución estructural una losa de concreto de 10 cm de espesor —tal como lo propone la entidad contratante— apoyada sobre una subbase granular de 20 cm de espesor en reemplazo del relleno previsto inicialmente con limo amarillo. Esta decisión atiende a criterios geotécnicos y constructivos ampliamente reconocidos para espacio público peatonal: los suelos limosos son sensibles a la humedad y tienden a presentar pérdidas de rigidez y asentamientos diferenciales, lo cual incrementa la probabilidad de alabeo y fisuración temprana en losas delgadas. Por el contrario, una subbase granular bien conformada y compactada proporciona capacidad portante uniforme, drenaje adecuado y distribución de esfuerzos, reduciendo los mecanismos de deterioro prematuro.

La subbase se ejecutará con material granular (SBG-C - INVIAS), cumpliendo especificaciones de granulometría, límites de plasticidad y limpieza propias de subbases para espacio público, y se compactará hasta alcanzar una densidad mínima del 95 % Proctor Modificado.. En los sectores donde los ensayos de reconocimiento muestren variabilidad significativa (CBR/PDC, humedad natural), se contempla mejoramiento localizado de la subrasante antes de colocar la subbase, con el fin de homogeneizar el módulo de soporte y restringir asentamientos diferenciales.

La losa de concreto de 10 cm contemplará y curado oportuno para minimizar la retracción plástica y el agrietamiento. En coherencia con buenas prácticas para losas apoyadas sobre el terreno, las juntas (ya sean de dilatación o cortes inducidos) se espaciarán a no más de 2,0 m, y se ejecutarán con una profundidad equivalente a ¼–⅓ del espesor de la losa (≈ 25–33 mm para 10 cm), buscando inducir la fisura controlada y evitar la aparición de grietas aleatorias.; se cuidará la continuidad superficial en encuentros con elementos de mobiliario o tapas de cámaras, a fin de garantizar accesibilidad universal y prevenir concentraciones locales de esfuerzos.

INGENIERÍA INTEGRAL MP

6. MODULACIÓN DE LOSAS Y RELACIÓN DE ESBELTEZ

Dado que el ancho medido en campo oscila entre 1,30 m y 1,50 m, se controlará la esbeltez superficial de los paños mediante una relación longitud/ancho (L/B) dentro del intervalo 0,8–1,2 y una longitud máxima (L) de 1,50 m. En los tramos más anchos, se procurarán paneles lo más cuadrados posible (≈ 1,50 × 1,50 m), y en los sectores de 1,30 m de ancho se mantendrá L ≤ 1,50 m (L/B ≈ 0,87–1,15). Esta modulación reduce el alabeo por gradientes térmicos y de humedad, disminuye las tensiones de tracción por retracción restringida y mejora el comportamiento de las juntas, con beneficios directos en la apariencia, la regularidad y la vida útil del andén.

7. CONCLUSION.

La solución estructural adoptada —losa de concreto de 10 cm apoyada sobre subbase granular de 20 cm (en reemplazo del relleno de limo)— es técnicamente sólida para un andén de uso exclusivamente peatonal con alta transitabilidad en un entorno institucional. Esta configuración atiende los mecanismos de deterioro más probables (fisuración por retracción, alabeo por gradientes térmico-hídricos y asentamientos diferenciales), garantizando mayor estabilidad, durabilidad y accesibilidad del pavimento peatonal.

El limo (material fino y sensible a la humedad) no es adecuado como apoyo directo de losas delgadas: su variación volumétrica y pérdida de rigidez al humedecerse incrementan el riesgo de asentamientos diferenciales y fisuración temprana. En contraste, la subbase granular (SBG-PEA equivalente funcional a una sub-base granular Clase C de INVÍAS para NT1) proporciona capacidad portante uniforme, drenaje y distribución de esfuerzos, reduciendo la deformabilidad del sistema y controlando la interacción losa-terreno.

INGENIERÍA INTEGRAL MP
Construimos Valor

La modulación superficial propuesta —relación de esbeltez L/B = 0,8–1,2 y longitud máxima L = 1,50 m— es coherente con las buenas prácticas para losas sobre el terreno y con guías técnicas que promueven paneles casi cuadrados. En anchos levantados de 1,30 a 1,50 m, esta modulación produce paños cercanos a 1,50 × 1,50 m en las zonas más anchas y L ≤ 1,50 m donde el ancho es 1,30 m (L/B ≈ 0,87–1,15), lo que disminuye tensiones de tracción por retracción restringida y mitiga alabeos.

Los anchos proyectados de 1,30–1,50 m superan el mínimo nacional de 1,20 m para la franja de circulación peatonal, y la estructura propuesta se alinea con lineamientos de espacio público (cartillas y especificaciones distritales) que exigen capas granulares bajo andenes. En conjunto, la especificación 10 cm (concreto) + 20 cm (subbase granular, ≥ 95 % Proctor), con los controles geométricos y de calidad indicados, maximiza la vida útil del

andén, reduce costos de mantenimiento y asegura condiciones de accesibilidad y seguridad para la comunidad del SENA.

Ilustración 1. Sección Tipo para construcción de andenes

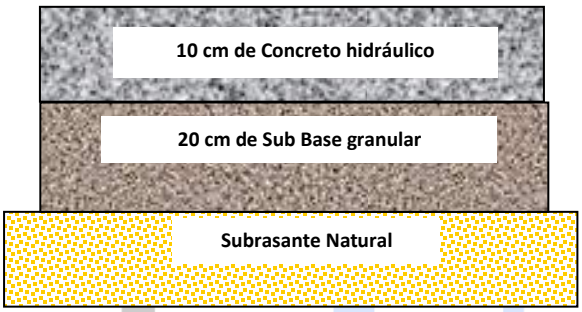
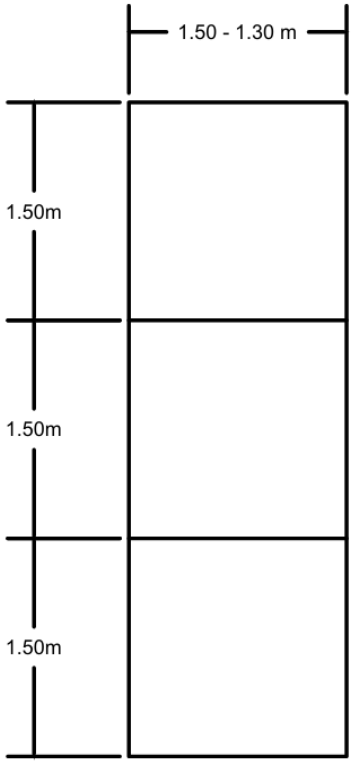


Ilustración 2. Dimensiones sugeridas para dimensionamiento de andenes (Vista en planta)



INGENIER AL MP

8. BIBLIOGRAFIA

- ACI Committee 224. (2001). Control of Cracking in Concrete Structures (ACI 224R-01). American Concrete Institute.

- FHWA. (2019). Guidance on Concrete Pavement Joints (joint spacing, aspect ratio y profundidad de corte en losas sobre terreno). Federal Highway Administration.

- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., & Sheahan, T. C. (2011). An Introduction to Geotechnical Engineering (2nd ed.). Pearson.

- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). Concrete (2nd ed.). Prentice Hall.

- Ministerio de Transporte de Colombia. (2010). Decreto 798 de 2010. Estándares urbanísticos y definiciones aplicables al espacio público peatonal (ancho mínimo franja de circulación ≥ 1,20 m).

- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio – MVCT. (2010). Manual de Espacio Público. Lineamientos de accesibilidad, funcionalidad y continuidad en andenes.

- INVÍAS. (2012/2013). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – Art. 320 Sub-base granular. (Clases A, B, C; franjas SBG-38/50; criterios de calidad y compactación).

- IDU – Instituto de Desarrollo Urbano (Bogotá). Especificaciones Técnicas ET-IC-01. Capítulos 500-18 (Generalidades para bases y subbases granulares) y 512-18 (Subbase granular para vías peatonales y ciclorutas – SBG-PEA).

- Secretaría Distrital de Planeación – Bogotá D.C. (2018). Cartilla de Andenes de Bogotá. Estructuras tipo para espacio público peatonal: subbase granular, mejoramiento de subrasante, geotextiles, compactación y detalles de accesibilidad.

- EPM – Empresas Públicas de Medellín. Norma de Construcción de Andenes (NC-MN-OC08-03).

INGENIERIA INTEGRAL MP
Construimos Futuro

Nota:

Este documento contempla aspectos constructivos y de diseño, cualquier evento no previsto de errores constructivos causales de daños sobre la estructura no serán responsabilidad del cambio de estructura planteado.

Atentamente:



Juan Carlos Benavides Ruiz.

Ingeniero Civil - 061037-0534291 CAU

MsG. Ingeniería de Pavimentos

INGENIERÍA INTEGRAL MP
Construimos Futuro

INFORME DE APOYO A LA SUPERVISIÓN

Asunto: Aval técnico al cambio de material de relleno para construcción de andenes

Proyecto: Adecuación y ampliación del área de almacenamiento transitoria de materiales de formación, maquinaria, equipo, accesibilidad medio físico y puntos de anclaje sobre cubiertas

Lugar: SENA – Centro Agropecuario Regional Cauca, sede Popayán

Fecha: 19 de agosto de 2025

Elaboró: Ing. Víctor Mera – Apoyo a la Supervisión del contrato

Durante la ejecución de las obras de construcción de andenes peatonales en el proyecto mencionado, se identificó que el material de relleno originalmente considerado (limo amarillo) presentaba condiciones geotécnicas poco favorables para servir como soporte de la losa de concreto, debido a su alta susceptibilidad a variaciones de humedad, baja capacidad portante y posibilidad de asentamientos diferenciales.

Con el fin de garantizar la estabilidad, durabilidad y funcionalidad del andén en un entorno institucional de alto tránsito peatonal, se presentó por parte del contratista y del consultor técnico el documento denominado “Concepto técnico sobre la estabilidad y configuración geométrica de andenes en entornos institucionales con apoyo en suelos limosos”, en el cual se propone sustituir el relleno de limo amarillo por una subbase granular compactada.

De acuerdo con la evaluación del informe técnico y la normativa vigente (IDU, INVÍAS, Cartilla de Andenes de Bogotá, Decreto 798 de 2010, Norma EPM), se concluye que:

• El limo amarillo no cumple con las condiciones adecuadas de soporte estructural ni drenaje para losas delgadas de concreto, pudiendo generar fisuras, alabeos y pérdida de nivelación por efectos de humedad.

• El uso de una subbase granular compactada al 95% Proctor Modificado, con espesores mayores a 25 cm, ofrece un soporte estable, drenante y con mayor capacidad portante, reduciendo el riesgo de asentamientos diferenciales.

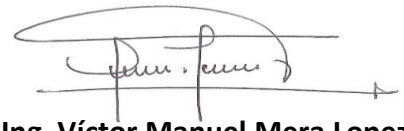
• La configuración adoptada (losa de concreto de 10 cm sobre subbase granular de espesores aproximados a 30 cm) cumple con las buenas prácticas constructivas para andenes institucionales y se encuentra respaldada por normas nacionales y distritales aplicables.

Con base en lo anterior, se avala técnicamente el cambio del material de relleno, pasando de limo amarillo compactado a subbase granular tipo SBG-C conforme a las especificaciones del INVÍAS, compactada al 95% Proctor Modificado.

Esta modificación garantiza el cumplimiento de los criterios de estabilidad, durabilidad, accesibilidad universal y seguridad peatonal requeridos para el proyecto, sin afectar el diseño estructural aprobado ni los objetivos funcionales del contrato.

El presente informe de apoyo a la supervisión aprueba el cambio propuesto de material de relleno y respalda técnicamente la decisión adoptada por el equipo de obra, considerando que dicha modificación contribuye al mejor desempeño estructural y a la vida útil del andén peatonal proyectado.

Atentamente,



Ing. Víctor Manuel Mera Lopez
Apoyo Técnico a la Supervisión