

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

La señalización horizontal es un elemento fundamental de la infraestructura vial urbana, ya que orienta el tránsito y garantiza condiciones adecuadas de seguridad para conductores, peatones y ciclistas. A través de líneas, símbolos y leyendas aplicadas sobre la calzada, se definen carriles, pasos peatonales, zonas de detención y otras referencias clave que permiten una circulación más ordenada y segura.

Sin embargo, estas marcas viales se deterioran con el paso del tiempo debido al tráfico constante, las condiciones climáticas y, en muchos casos, al uso de materiales que no están diseñados para soportar tales exigencias. Esto provoca una pérdida progresiva de visibilidad, especialmente durante la noche o en días de lluvia, afectando su capacidad de reflejar la luz y de cumplir su función como guía visual sobre la vía.

Ante esta situación, es necesario evaluar periódicamente el estado de los recubrimientos utilizados en la señalización horizontal para asegurar su efectividad. Este estudio se enfoca en analizar las propiedades visuales de estas marcas aplicadas en las vías urbanas de la ciudad de Tarija, considerando aspectos como visibilidad, durabilidad y retrorreflectancia, con el objetivo de verificar si cumplen con los estándares técnicos requeridos.

Los resultados obtenidos permitirán contar con información técnica precisa que sirva como base para mejorar los procesos de aplicación, mantenimiento y control de estas señales. De esta manera, se busca contribuir directamente a la mejora de la seguridad vial urbana y a una circulación más eficiente en la ciudad.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En Tarija, la señalización horizontal presenta deficiencias evidentes de visibilidad y durabilidad. Esto se debe principalmente al uso de pinturas no formuladas para demarcación vial, como la Laca Duco, que carece de materiales retrorreflectivos y no ofrece una resistencia adecuada al desgaste provocado por el tránsito constante ni a las variaciones climáticas.

Como consecuencia, las marcas viales se deterioran rápidamente y pierden su función como guía visual sobre la calzada, especialmente durante la noche o en condiciones de lluvia, cuando una adecuada visibilidad resulta fundamental. Esta pérdida de referencia dificulta la orientación de los conductores y eleva considerablemente el riesgo de siniestros viales.

A nivel operativo, este deterioro obliga al Gobierno Municipal a realizar repintados con alta frecuencia, generando gastos innecesarios sin resolver el problema de fondo. Estas labores se ejecutan principalmente en horario nocturno para evitar congestión en horas pico, pero implican cortes de vía que no solo causan molestias a la población, sino que también representan un riesgo para conductores, peatones y personal operativo, especialmente en zonas de baja visibilidad.

Frente a esta realidad, se requiere un análisis técnico que permita evaluar el estado actual de las marcas viales, considerando parámetros como el espesor, la retrorreflectancia, el peso volumétrico y el grado de desgaste superficial. Con base en estos resultados, será posible establecer criterios técnicos que mejoren la calidad, durabilidad y funcionalidad de la señalización horizontal, contribuyendo a una infraestructura vial más segura y eficiente para todos los usuarios.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Situación problemática

En las vías urbanas de Tarija, la señalización horizontal presenta un deterioro generalizado, especialmente en avenidas principales, intersecciones, zonas escolares y sectores con alto flujo vehicular. En estos lugares, las marcas viales han perdido visibilidad o están tan desgastadas que ya no cumplen su función de guiar correctamente a los usuarios sobre la calzada.

Este problema se vuelve más crítico durante la noche o en días de lluvia, cuando la baja capacidad de reflejar la luz impide que las marcas se distingan con claridad. Esto dificulta que los conductores identifiquen los carriles, zonas de cruce o lugares de detención, lo que incrementa el riesgo de accidentes y afecta directamente la seguridad vial. Las causas de este desgaste están relacionadas con diversos factores como el tránsito constante, la exposición al sol y la lluvia, el polvo acumulado y, principalmente, el uso de pinturas no

adecuadas para demarcación vial. Todo esto contribuye a que las marcas pierdan su calidad, durabilidad y funcionalidad con el tiempo.

Además, no se cuenta con información técnica actualizada sobre el estado real de estas demarcaciones, lo que limita una adecuada planificación de mantenimiento. Sin datos claros sobre aspectos como visibilidad, espesor o nivel de desgaste, las intervenciones que se realizan suelen ser medidas temporales que no resuelven el problema de fondo y generan costos frecuentes.

1.3.2 Problema

¿Se puede determinar el estado actual de los recubrimientos de demarcación vial en las vías urbanas de la ciudad de Tarija mediante el análisis de sus propiedades visuales, y a partir de ello, establecer si cumplen con las condiciones necesarias de visibilidad, durabilidad y seguridad, para proponer mejoras que optimicen su desempeño?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Analizar las metodologías aplicadas para medir dimensiones, extraer muestras, determinar el espesor y evaluar la retrorreflectancia de los recubrimientos de demarcación vial en vías urbanas de la ciudad de Tarija, con el fin de valorar sus propiedades visuales y verificar su cumplimiento respecto al Manual de la ABC y la ficha técnica de la pintura Farben, contribuyendo así a mejorar la seguridad vial de los usuarios.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar y ubicar las vías urbanas a evaluar, como parte del proceso previo al análisis técnico.
- Medir en campo la longitud, el ancho y la iluminancia reflejada de las marcas viales, para estimar su retrorreflectancia, evaluar su visibilidad nocturna y verificar su conformidad con la normativa vigente.
- Extraer muestras del recubrimiento directamente de las marcas viales, para analizar en laboratorio su espesor y peso, aplicando procedimientos basados en normas ASTM.

- Calcular el área, volumen y peso volumétrico de cada muestra, con el propósito de valorar la calidad del recubrimiento según su densidad y uniformidad.
- Comparar los resultados obtenidos con los valores de referencia del Manual de la ABC y la ficha técnica de la pintura Farben, a fin de verificar el cumplimiento de los parámetros técnicos exigidos.
- Proponer medidas técnicas basadas en los resultados del estudio, orientadas a mejorar la visibilidad, durabilidad y funcionalidad de las marcas viales, en beneficio de la seguridad vial urbana.

1.5 HIPÓTESIS

La evaluación técnica de las propiedades visuales de los recubrimientos de demarcación vial permite determinar con precisión su estado actual y verificar si cumplen con los requisitos de visibilidad, durabilidad y funcionalidad establecidos para las vías urbanas de la ciudad de Tarija.

1.6 VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES

1.6.1 Variable independiente

- Características del recubrimiento de demarcación vial (tipo de pintura, color y espesor especificado).

1.6.2 Variable dependiente

- Condiciones de las demarcaciones viales (dimensiones reales, espesor aplicado, peso de las muestras, peso volumétrico calculado y retrorreflectancia estimada).

1.6.3 Conceptualización y operacionalización de variables

Tabla 1. 1 Variable independiente

Variable independiente	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores	Valoración
Características del recubrimiento de demarcación vial	Propiedades visuales y físicas del material aplicado para la señalización horizontal.	Tipo de pintura, color, espesor.	Tipo de pintura utilizada, color observado, espesor especificado.	Se evaluaron para determinar su influencia en la visibilidad, adherencia y durabilidad de las marcas viales.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. 2 Variable dependiente

Variable dependiente	Definición conceptual	Medición	Unidad	Relación
Dimensiones de las marcas viales	Tamaño físico de las marcas sobre la calzada, esencial para su correcta visibilidad.	Medición del largo y ancho con cinta métrica y flexómetro.	(cm) y (m)	Permite verificar si las marcas cumplen con las dimensiones establecidas en la normativa.
Espesor	Grosor de la capa de pintura aplicada sobre la superficie vial.	Medición con micrómetro digital.	(mm)	Un espesor adecuado mejora la resistencia al desgaste y la durabilidad del recubrimiento.
Peso de las muestras	Masa del material recolectado directamente desde las marcas viales.	Pesaje con balanza digital.	(g)	Refleja la cantidad de material aplicado y permite calcular el peso volumétrico del recubrimiento.
Peso volumétrico	Relación entre el peso y el volumen del recubrimiento aplicado.	Cálculo a partir del peso y volumen de cada muestra.	(g/cm ³)	Indica si el recubrimiento tiene una densidad adecuada para resistir el tránsito y el desgaste.
Retroreflectancia	Capacidad de las marcas viales para reflejar la luz hacia el conductor en condiciones nocturnas.	Medición de la iluminancia reflejada con luxómetro.	(cd/m ² /lux)	Es fundamental para garantizar la visibilidad nocturna y contribuir a la seguridad vial.

Fuente: Elaboración propia

1.7 DISEÑO METODOLÓGICO

1.7.1 Componentes

1.7.1.1 Unidad de estudio

La unidad de estudio estuvo conformada por las demarcaciones viales existentes sobre pavimentos flexibles en vías urbanas de la ciudad de Tarija. Se incluyeron distintos tipos de marcas, como líneas de carril, pasos peatonales, flechas, líneas de detención, resaltos y

señales de prohibición de estacionamiento, con el propósito de analizar sus propiedades visuales y verificar si cumplen su función dentro del sistema de señalización horizontal.

1.7.1.2 Población

La población estuvo compuesta por todas las demarcaciones viales presentes en el área urbana de la ciudad. Muchas de estas han sido ejecutadas con materiales no formulados específicamente para señalización vial, como pinturas tipo Laca Duco, que carecen de elementos retrorreflectivos, afectando su visibilidad, durabilidad y desempeño funcional.

1.7.1.3 Muestra

La muestra estuvo constituida por 30 intersecciones urbanas seleccionadas en distintas zonas. La elección se basó en los siguientes criterios:

- **Estado de conservación:** Marcas con diferentes niveles de desgaste.
- **Antigüedad del recubrimiento:** Señales con tiempos variables de aplicación.
- **Ubicación:** Sectores representativos con características residenciales, comerciales, escolares y de alto tránsito.

1.7.1.4 Muestreo

Se aplicó un muestreo no probabilístico de tipo intencional, definido a partir de observación directa en campo. La selección de zonas se basó en tres criterios principales:

- **Deterioro visible:** Para incluir distintos niveles de desgaste.
- **Condiciones críticas:** Zonas de alta circulación o con antecedentes de accidentes.
- **Diversidad urbana:** Sectores con diferentes usos y características geométricas.

1.7.2 Métodos y técnicas empleadas

1.7.2.1 Definición, selección y/o elaboración de métodos y técnicas

a. Enfoque y método aplicado

Se empleó el método inductivo, ya que se partió de observaciones y mediciones específicas en campo y laboratorio para generar conclusiones generales sobre el estado y desempeño técnico de las marcas viales.

b. Técnica de muestreo

El muestreo fue de tipo no probabilístico, basado en la selección dirigida de sitios que reflejaran distintas condiciones reales de las demarcaciones. Se buscó garantizar una muestra representativa de la variedad de estados de conservación, tipos de recubrimiento y entornos urbanos.

1.7.2.2 Técnicas empleadas para la recolección de información

a) Observación directa

Se inspeccionaron visualmente las marcas para evaluar su estado, visibilidad, desgaste, acumulación de capas y conservación general.

b) Mediciones en campo

- **Dimensiones:** Se midieron el largo y el ancho de cada marca con cinta métrica y flexómetro para calcular su área y verificar el cumplimiento con la normativa de la ABC.
- **Retroreflectancia:** Se evaluó utilizando un luxómetro, mediante un método indirecto basado en la ley del inverso del cuadrado de la distancia, conforme a la norma ASTM E808 y considerando los parámetros de las normas ASTM E1710, D7585 y E3320.

c) Análisis en laboratorio

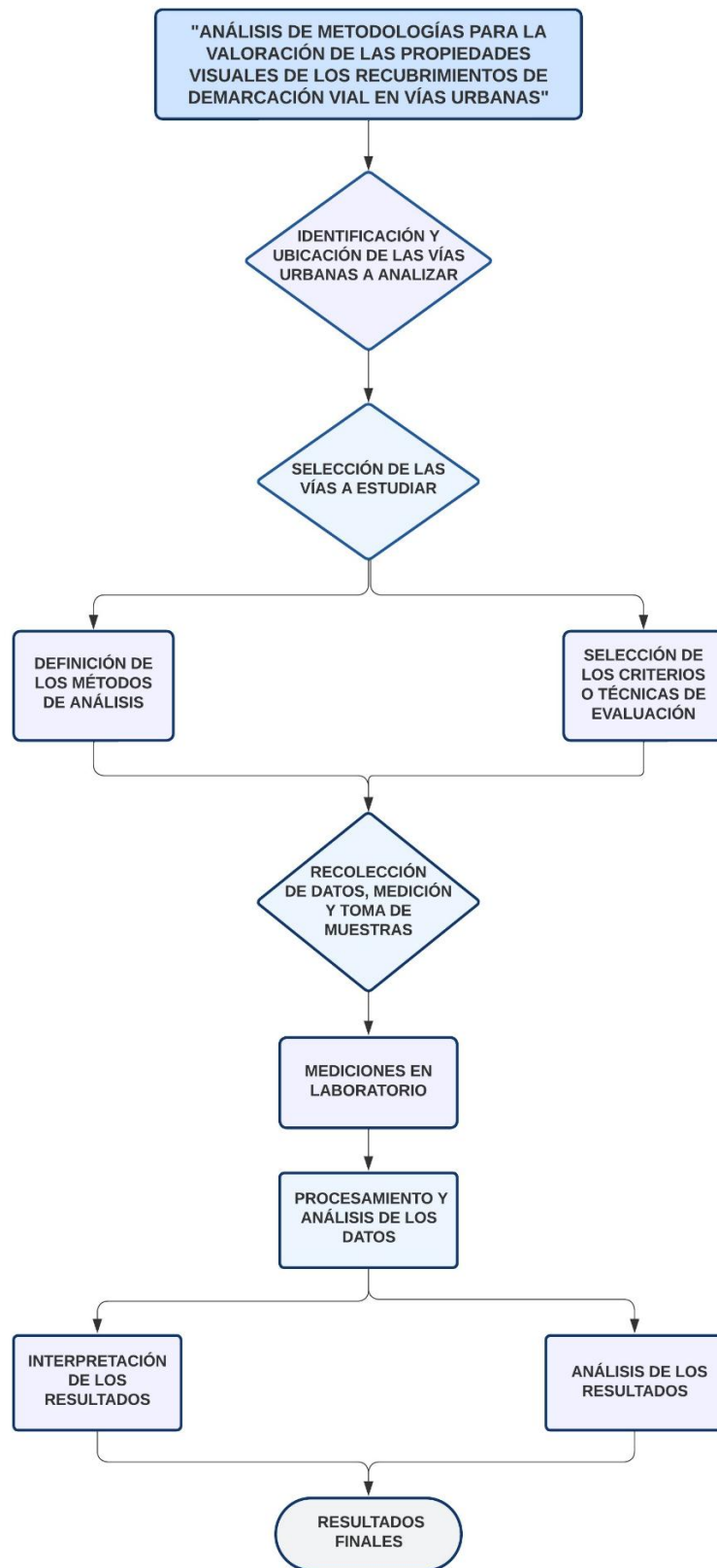
- **Extracción:** Se extrajeron fragmentos con formón y martillo, según ASTM E1729.
- **Espesor:** Medido con micrómetro digital, conforme a la norma ASTM D1005.
- **Peso:** Determinado con balanza digital de precisión.
- **Peso volumétrico (densidad):** Calculado dividiendo el peso por el volumen (área x espesor promedio).

1.7.2.3 Descripción de los instrumentos para la obtención de datos

Para la recolección y análisis de los datos, tanto en campo como en laboratorio, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- **Cinta métrica de fibra de vidrio (50 m):** Para medir longitudes de marcas viales y anchos de calzadas.
- **Flexómetro metálico (5 m):** Para medición de anchos en marcas y elementos urbanos.
- **Reglas milimétricas (30 y 50 cm):** Para detalles en marcas curvas y como soporte para el sensor del luxómetro.
- **Luxómetro digital:** Para medir iluminancia reflejada en condiciones nocturnas.
- **Vehículo con faros halógenos:** Como fuente de iluminación que simula condiciones reales de conducción.
- **Formón metálico (3/4"):** Para la extracción de muestras de pintura.
- **Martillo de construcción:** Complemento para el formón, sin alterar la forma de la muestra.
- **Brochas de cerda y poliéster (3"):** Para limpiar las superficies de extracción.
- **Gautes de protección:** De hilo recubierto con látex, para seguridad y manipulación precisa.
- **Bolsitas plásticas (50 x 60 mm y 80 x 120 mm):** Para almacenar y conservar las muestras.
- **Cinta masking:** Para etiquetar las bolsas con identificación correspondiente.
- **Marcador permanente:** Para rotular datos clave en cada muestra.
- **Micrómetro digital:** De alta precisión, utilizado para medir el espesor según ASTM D1005.
- **Balanza digital de precisión:** Para determinar el peso exacto de cada fragmento.
- **Cuaderno de campo y planillas:** Para registrar sistemáticamente los datos.
- **Teléfono celular con cámara:** Para documentar gráficamente el estado de las marcas y el proceso de muestreo.

1.7.2.4 Procedimiento de aplicación



El análisis de las metodologías aplicadas para valorar las propiedades visuales de los recubrimientos de demarcación vial en vías urbanas de la ciudad se desarrolló mediante etapas organizadas, que incluyeron observación en campo, mediciones técnicas y análisis en laboratorio. El procedimiento aplicado fue el siguiente:

Selección de calles e identificación de marcas viales: Se recorrieron diversas zonas urbanas, identificando calles con demarcaciones visibles. Se seleccionaron 30 intersecciones representativas, considerando estado de conservación, antigüedad, nivel de tráfico y ubicación geográfica. La muestra incluyó marcas nuevas, desgastadas y repintadas.

Observación visual en campo: Se inspeccionaron las marcas para evaluar su color, desgaste, uniformidad y visibilidad diurna y nocturna. Se identificaron deficiencias como pérdida de retrorreflectancia, acumulación de capas y deterioro irregular.

Mediciones técnicas en campo:

- **Dimensiones:** Medidas con cinta métrica, flexómetro y reglas milimétricas.
- **Retrorreflectancia:** Medida con luxómetro digital en condiciones nocturnas, aplicando la ley del inverso del cuadrado de la distancia conforme a ASTM E808.

Extracción y análisis en laboratorio:

- **Extracción:** Realizada con formón y martillo, según ASTM E1729.
- **Espesor:** Medido con micrómetro digital (ASTM D1005).
- **Peso:** Determinado con balanza digital.
- **Densidad:** Calculada a partir del peso y volumen de la muestra.

Procesamiento y análisis de resultados: Los datos se organizaron en planillas, analizándose con cálculos estadísticos y comparaciones con normas técnicas (ABC y ficha técnica Farben), identificando desviaciones y deficiencias.

Conclusiones y recomendaciones: Se establecieron las principales fallas técnicas observadas, y se formularon recomendaciones orientadas a mejorar la calidad, mantenimiento y seguridad de la señalización horizontal.

1.7.3 Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

Para el análisis de los datos recolectados, se aplicaron herramientas de estadística descriptiva que permitieron organizar, resumir e interpretar los resultados de las mediciones realizadas a las demarcaciones viales. El proceso se desarrolló en tres fases:

a. Medidas de tendencia central:

Se calcularon media, mediana y moda para cada variable evaluada (dimensiones, espesor, densidad y retrorreflectancia), con el fin de representar el comportamiento general de los datos:

Media aritmética ($\bar{X}$):

Fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

$\bar{X}$ = Media aritmética.

x_i = Valores de las mediciones.

n = Número total de datos.

Mediana (Med):

Valor central de la serie ordenada. Si “n” es par:

Fórmula:

$$Med = \frac{n/2 + (n/2 + 1)}{2}$$

Donde:

Med = Mediana.

$n/2$ y $n/2 + 1$ = Posiciones centrales en la distribución de datos.

Moda:

Valor más frecuente en el conjunto de datos.

b. Medidas de dispersión:

Se utilizaron para evaluar la variabilidad de los datos respecto a la media:

Rango (R):**Fórmula:**

$$R = X_{máx} - X_{mín}$$

Donde:

R = Rango.

$X_{máx}$ = Valor máximo registrado.

$X_{mín}$ = Valor mínimo registrado.

Desviación estándar (S):**Fórmula:**

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar.

x_i = Valores de las mediciones.

n = Número total de datos.

$n - 1$ = Corrección de sesgo en muestras pequeñas.

Coefficiente de variación (C_v):**Fórmula:**

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

Donde:

C_v = Coeficiente de variación (%).

S = Desviación estándar.

$\bar{X}$ = Media aritmética.

c. Visualización de datos:

Para facilitar la interpretación, los resultados fueron representados mediante:

- **Histogramas:** Distribución de dimensiones, espesor, peso volumétrico y retrorreflectancia.
- **Tablas:** Organización de resultados por punto de muestreo para su análisis comparativo.

Conclusión del análisis

El uso de estas herramientas permitió identificar deficiencias técnicas, niveles de cumplimiento normativo y variaciones en el desempeño de las marcas viales. Estos hallazgos fueron clave para formular conclusiones y recomendaciones que contribuyan a mejorar la calidad de la señalización horizontal en la ciudad de Tarija.

1.8 ALCANCE DEL ESTUDIO

Este estudio se centró en analizar las condiciones visuales de las marcas viales en distintas vías urbanas de la ciudad de Tarija, especialmente en sectores donde presentaban desgaste, baja visibilidad o problemas de conservación. Se evaluaron aspectos como las dimensiones físicas, el espesor del recubrimiento, el peso volumétrico del material y la retrorreflectancia nocturna, con el objetivo de conocer su estado actual y proponer mejoras que permitan que estas señales sean más visibles, duraderas y funcionales para todos los usuarios viales.

El análisis se realizó en 30 intersecciones seleccionadas mediante recorridos y observación directa en campo, según criterio personal, considerando zonas representativas y puntos críticos. La selección incluyó lugares con mayor deterioro, baja visibilidad o señalización incompleta, así como sectores cercanos a unidades educativas, centros de salud, mercados, plazas, canchas deportivas y avenidas principales, donde la intensidad del tránsito exige una señalización clara y efectiva. La justificación detallada de estos puntos se presenta en el capítulo III.

En cada intersección se evaluaron todas las marcas viales visibles sobre la calzada, incluyendo líneas de carril, pasos peatonales, flechas direccionales, líneas de detención, cordones de acera, resaltos y señales de prohibición de estacionamiento. En total se

analizaron 142 marcas, todas medidas directamente en su estado real, sin estimaciones ni simulaciones. Para asegurar que la muestra fuera representativa, se aplicó la fórmula de muestreo estadístico para proporciones propuesta por Cochran (1977) en su libro Técnicas de Muestreo:

$$n = \frac{Z^2 * p * (1 - p)}{e^2}$$

Donde:

n = Número mínimo de marcas a evaluar.

$Z = 1,96$ (nivel de confianza del 95%).

$p = 0,5$ (máxima variabilidad).

$e = 0,1$ (margen de error del 10%).

Sustituyendo los valores:

$$n = \frac{(1,96)^2 * 0,5 * (1 - 0,5)}{(0,1)^2} = 96,04$$

Esto indicaba que debían evaluarse al menos 96 marcas viales. Al analizarse 142, se superó ampliamente ese mínimo, lo que otorgó mayor solidez a los resultados.

Es importante señalar que la unidad de análisis fueron las marcas viales y no las intersecciones, ya que cada marca cumple una función específica y puede evaluarse de forma independiente. Además, para conocer con mayor precisión la calidad del recubrimiento y su uniformidad, se extrajeron tres muestras por cada tipo de marca, obteniendo un total de 444 fragmentos. Estas muestras se analizaron en laboratorio para determinar su espesor, peso y peso volumétrico, aplicando procedimientos basados en normas ASTM.

En resumen, este estudio se desarrolló con un enfoque técnico claro y directo, basado en observaciones de campo, respaldado estadísticamente y complementado con análisis de laboratorio. Todo ello permitió obtener resultados concretos que sirvieron de base para proponer mejoras orientadas a optimizar la señalización horizontal y mejorar la seguridad vial en la ciudad de Tarija.

CAPÍTULO II

**ASPECTOS GENERALES SOBRE LA
VALORACIÓN DE LAS PROPIEDADES
VISUALES DE LOS RECUBRIMIENTOS
DE DEMARCACIÓN VIAL EN VÍAS
URBANAS**

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA VALORACIÓN DE LAS PROPIEDADES VISUALES DE LOS RECUBRIMIENTOS DE DEMARCACIÓN VIAL EN VÍAS URBANAS

2.1 GENERALIDADES

La señalización horizontal corresponde a la aplicación de marcas viales conformadas por líneas, áreas, flechas, símbolos y leyendas que se adhieren sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como a los dispositivos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos. Éstas se conocen como DEMARCACIONES.

En algunos casos, la demarcación es usada para complementar las órdenes o advertencias de otros dispositivos, tales como las señales verticales y semáforos; en otros, transmiten instrucciones que no pueden ser presentadas mediante el uso de ningún otro dispositivo, lo que las hace mucho más comprensibles.

Dado que se ubican en la calzada, las demarcaciones presentan la ventaja frente a otros tipos de señales, de transmitir su mensaje al conductor (usuario) sin que éste distraiga su atención del carril en que circula. Sin embargo, tienen como desventaja que son percibidas a menor distancia, su visibilidad se ve afectada por la lluvia, neblina, polvo, material suelto, o por otros vehículos que circulen en la vía.

En general, todas las vías deben contar con las demarcaciones requeridas, según lo especificado en este capítulo, siendo obligatorias tanto en vías pavimentadas rurales como en urbanas. Para que la señalización horizontal cumpla la función para la cual se usa, se requiere uniformidad respecto a las dimensiones, diseño, símbolos, caracteres, colores, frecuencia de uso, circunstancias en que se emplea y tipo de material usado.

Las marcas viales o demarcaciones deberán ser antideslizantes con el objetivo de evitar incidentes a los usuarios de la vía sobre la superficie del pavimento, así como retrorreflectivas para facilitar su visibilidad (Agencia nacional de seguridad vial, 2022, p.8).

2.2 FUNCIÓN

Las demarcaciones, al igual que las señales verticales, se emplean para regular la circulación del tránsito, advertir o guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la seguridad vial y la gestión del tránsito.

Pueden utilizarse solas o como complemento a otros dispositivos de señalización.

En algunas situaciones son el único y/o más eficaz medio para comunicar instrucciones a los conductores.

2.3 UBICACIÓN

La ubicación de la demarcación debe ser tal que garantice al usuario que viaja a la velocidad máxima permitida de la vía, ver y comprender su mensaje con suficiente tiempo para reaccionar y ejecutar la maniobra adecuada de modo que satisfaga uno de los siguientes objetivos:

- Indicar el inicio, confirmación, continuidad o fin de una restricción o autorización, en cuyo caso la demarcación debe ubicarse en el lugar específico donde esto ocurre.
- Advertir o informar sobre maniobras o acciones que se deben o pueden realizar más adelante.

2.4 CLASIFICACIÓN

Las demarcaciones aplicables a vías urbanas y rurales, se clasifican por:

- **Disposición (ubicación):** Líneas longitudinales y líneas transversales.
- **Características:** Color, forma y altura.
- **Función:** Estacionamiento, paraderos, intersecciones (cruces), delineación, separación de carriles y otros.
- **Ámbito de aplicación:** Entorno urbano y entorno rural.

Existen otras demarcaciones que no es posible clasificar dentro de las anteriores, ya que ninguno de sus componentes predomina sobre los otros; dentro de ellas se pueden considerar requerimientos para aplicación de medidas de gestión de tránsito (como tránsito calmado, entre otras) (Agencia nacional de seguridad vial, 2022, p.12).

2.4.1 Disposición

- o **Líneas longitudinales:** Son las líneas que se ubican paralelas al eje de cualquier vía urbana o rural. Tienen por objeto: Delimitar carriles y calzadas por donde es seguro circular. Estas pueden ser de los siguientes tipos:
 - Líneas que separan flujos opuestos: Sencillas, dobles, de línea continua, segmentada o punteada.
 - Líneas que separan carriles en vías multicarril: Continuas o segmentadas.
 - Líneas de borde de calzada: Continuas.
- o **Líneas transversales:** Son las líneas que se ubican en forma perpendicular al eje de la vía, tanto en ámbito urbano como rural. Su objeto es indicar la existencia de líneas límite, entendiéndose como las líneas que no pueden ser sobrepasadas si hay prelación al derecho de paso a peatones y ciclistas, o, entre vehículos; estas son:
 - Líneas de detención.
 - Líneas de ceda el paso.
 - Líneas de cruce.

2.4.2 Características

2.4.2.1 Color

Blancas: Líneas longitudinales y transversales, símbolos y leyendas.

Amarillas: Marcadores de obstáculos, líneas que separan flujos y zonas de detención de buses en paraderos.

2.4.2.2 Forma

- **Líneas**
- **Símbolos, flechas y leyendas:** Se emplean tanto para guiar y advertir al usuario de las vías, como para regular la circulación de vehículos y peatones.

2.4.2.3 Altura

Planas: Aquellas de hasta 6 mm de altura.

Elevadas: Aquellas de más de 6 mm y hasta 21 mm de altura para las tachas, y 150 mm para los otros delineadores de piso que son utilizadas para complementar a las primeras.

El hecho de que esta demarcación sea elevada aumenta su visibilidad, especialmente al ser iluminada por la luz proveniente de los faros de los vehículos, aún en condiciones de lluvia, situación en la cual, generalmente, la demarcación plana no es eficaz (Agencia nacional de seguridad vial, 2022, p.14).

2.5 DEMARCACIONES PLANAS

2.5.1 Materiales de las demarcaciones planas

- **Tipos de pintura para demarcación vial**

Las pinturas para la demarcación vial son productos especialmente elaborados para resistir la abrasión y el tráfico vehicular, se utilizan normalmente para la demarcación horizontal de pavimentos y para la orientación del tráfico vehicular y peatonal.

La señalización vial (también llamada demarcación de líneas o demarcación de pavimento) puede aplicarse con diversos materiales y pinturas, según la superficie y la marca. Cada material tiene diferentes propiedades, como la antideslizamiento, la reflectividad, la durabilidad y el rendimiento.

Los materiales más frecuentemente utilizados en la señalización vial y de pavimento son:

- Pinturas: Éstas se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de solvente como pintura a base de agua, a base solvente o porcentaje de sólidos del 100%.
- Pinturas reflectantes.
- Pinturas acrílicas.
- Pinturas metil-metacrilato, también conocida como MMA, plástico en frío o dos componentes, plástico en frío llana, es la nueva tecnología en pinturas para los requerimientos de demarcación vial.
- Pinturas termoplásticas.
- Cintas preformadas.
- Otros: Cualquier otra sustancia que cumpla con los requisitos mínimos y sea avalada por el administrador vial o la autoridad de tránsito competente.

2.5.2 Métodos de aplicación de pintura para demarcación vial

Para aplicar los distintos tipos de pintura para demarcación vial existen métodos muy diferentes entre sí. Entre los más comunes tenemos:

- **Brocha y rodillo:** Si bien la brocha y rodillo se ve cada vez menos, y no es una opción para el pintor profesional, sigue siendo la alternativa elegida en algunas aplicaciones. Es un proceso lento, con un acabado deficiente el cual hace sumamente poco productivo y rentable la aplicación de pinturas de demarcación. Hay que mencionarlo ya que aún es una alternativa utilizada.

Figura 2. 1 Pintado de la demarcación con brocha y rodillo



Fuente: Sikcel, 2024

- **Equipo airless:** Los equipos airless para demarcación vial utilizan el principio de pintura a alta presión sin aire incorporado. En estos equipos funcionan gracias a una bomba de alta presión capaz de mover y proyectar a través de una boquilla de aplicación la pintura.

Figura 2. 2 Equipo airless vial powrliner 3500



Fuente: INL, s.f.

- **Equipos de extrusión:** Los equipos con sistemas de extrusión utilizan la gravedad para proyectar las pinturas. Lo más común son los extrusores de pintura termoplástica, funcionan cargando una zona con pintura y abriendo el paso para que se libere la pintura sobre el piso. Con el movimiento horizontal superior se

genera una línea de demarcación. La extrusión por lo general es un sistema más lento para la aplicación de pintura.

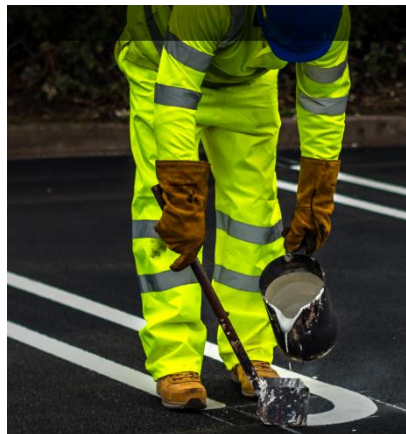
Figura 2. 3 Thermolazer promelt



Fuente: Lara, 2025

Para la demarcación vial, se utilizan tanto equipos manuales como automatizados. Los manuales incluyen herramientas básicas como rodillos, plantillas y equipos de pintura con pistola. Los automatizados son máquinas más grandes, como trazadoras de líneas y máquinas termoplásticas, que utilizan pintura a alta presión o materiales termoplásticos para crear marcas viales.

Figura 2. 4 Moldes para señalización vial



Fuente: Roadgrip, s.f.

- **Linelazer V 3900 equipo automático para demarcación vial**

El equipo Linelazer V3900 hp automático para demarcación vial horizontal y complementaria es ideal para pintar líneas longitudinales y transversales, símbolos y leyendas, estacionamientos, achurados, bermas, soleras, entre otras.

Características:

- o Ideal para líneas, símbolos, leyendas, pistas exclusivas y caleteras.
- o Guía laser incorporada, para un correcto desempeño en el trazado de líneas.
- o Pantalla Smart Control para medir y monitorear los avances de su trabajo.
- o Aplica pinturas de tráfico, base agua o solvente.
- o Reducción de vibraciones para pintar líneas con perfectas terminaciones.
- o Pistolas semi automáticas, sistema de ajuste, perfecta alineación en menor tiempo.

El equipo de demarcación vial Linelazer V 3900 de Graco es la elegida por los profesionales por su amplia variedad de aplicaciones de marcado vial de pavimento.

Figura 2. 5 Equipo moderno para demarcación vial



Fuente: TECMAPRO, 2024

2.5.3 Dimensiones y apariencia de las demarcaciones planas

Las dimensiones de las demarcaciones planas se especifican en relación con la velocidad máxima permitida de la vía en la que se ubican. Cuando se requiera mejorar la visibilidad de una demarcación o darle un énfasis, tales dimensiones pueden ser aumentadas, siempre que un estudio técnico lo justifique, y se mantengan las proporciones entre leyendas y símbolos.

2.5.4 Retroreflexión de las demarcaciones planas

Las demarcaciones deben ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática; por ello se elaboran con materiales apropiados, incluyendo retroreflectivos como microesferas de vidrio o similar, y se someten a procedimientos que aseguran su

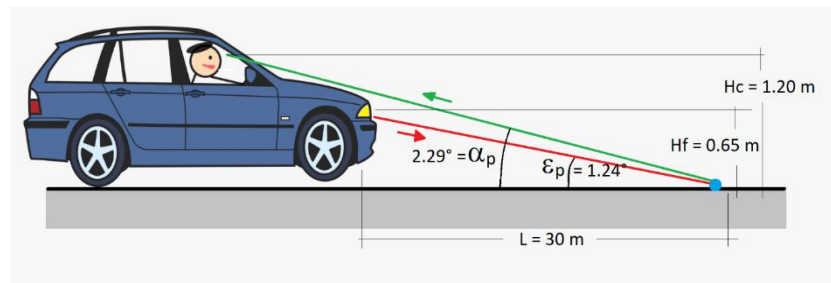
retroreflexión. Estos elementos tienen un papel importante en la seguridad vial, ya que, de las propiedades de los materiales, depende la funcionalidad que brindan las demarcaciones planas, pues permiten que sean más visibles en la noche al ser iluminadas por las luces de los vehículos, retornando parte significativa de la luz que reflejan hacia la fuente luminosa (Agencia nacional de seguridad vial, 2022, p.19).

2.5.4.1 El fenómeno de retroreflexión

La retroreflexión es la capacidad de algunas superficies de reflejar la luz hacia la fuente que originalmente la propaga, independientemente del ángulo de incidencia inicial. En las marcas en el pavimento, este fenómeno tiene lugar cuando la luz de los faros de un vehículo es refractada por las microesferas de vidrio y una parte de ella, reflejada por la superficie embebida de la microesfera, regresa en la misma dirección de incidencia.

En la figura siguiente se aprecia el esquema de posición del conductor, los faros del vehículo y los ángulos de iluminación (ϵ_p) y observación (α_p).

Figura 2.6 Esquema de posición del conductor y de los faros



Fuente: Quispe, 2020

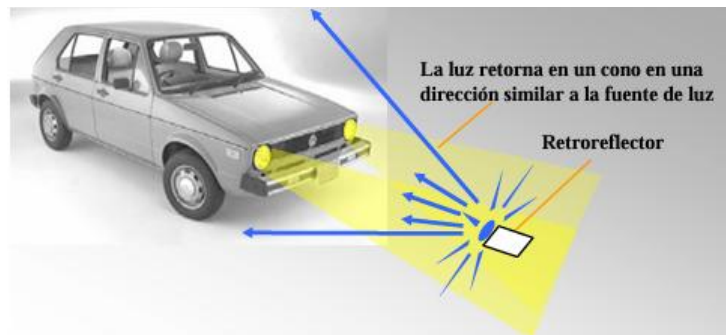
En el esquema se aprecian las características para una geometría de medida de 30 m, considerando la altura del faro del vehículo 0,65 m y la altura de los ojos del conductor 1,20 m, bajo esta disposición el ángulo de iluminación es $1,24^\circ$ y el ángulo de observación es $2,29^\circ$.

2.5.4.2 Materiales retroreflectantes y visibilidad

La reflectancia o reflexión lumínica de una superficie es la capacidad que tiene esta para reflejar la luz, y la retroreflexión de un material es la capacidad que tiene para devolver la luz en sentido contrario al que incide (Boily y Tremblay, 2014). Esto último, es la propiedad que ayuda al ojo (receptor) a percibir en condiciones de baja iluminación,

debido a que muy poca luz es dispersada cuando se refleja; los materiales reflectantes aparecen más brillantes a cierta distancia del observador (ejemplo para los conductores de vehículos).

Figura 2. 7 Esquema sobre el fenómeno de retroreflexión



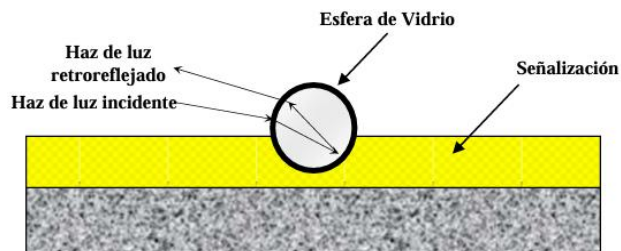
Fuente: Rivera, 2009

La retroreflexión en la señalización horizontal de estructuras viales, ocurre gracias a la presencia de esferas de vidrio en la pintura, que crean una superficie adecuada para la ocurrencia de este fenómeno óptico.

Cabe indicar que también existen dispositivos prismáticos, colocados generalmente en conjunto con la señalización horizontal, denominados vialetas, también conocidos como “ojos de gato”, mediante los cuales también se logra generar el fenómeno de retroreflexión.

Las esferas de vidrio aplicadas a la señalización horizontal se comportan como minúsculas lentes que concentran los rayos de luz que inciden en la superficie; los rayos de luz se concentran en una de las superficies de las esferas de vidrio, tras la superficie de las esferas se encuentra el pigmento integrado en la señalización horizontal que causa un efecto de espejo, generando de nuevo la refracción del rayo de luz hacia la pared de las esferas.

Figura 2. 8 Representación del fenómeno de la retroreflectividad



Fuente: Carías, 2009

2.5.5 Medición de la retroreflectividad

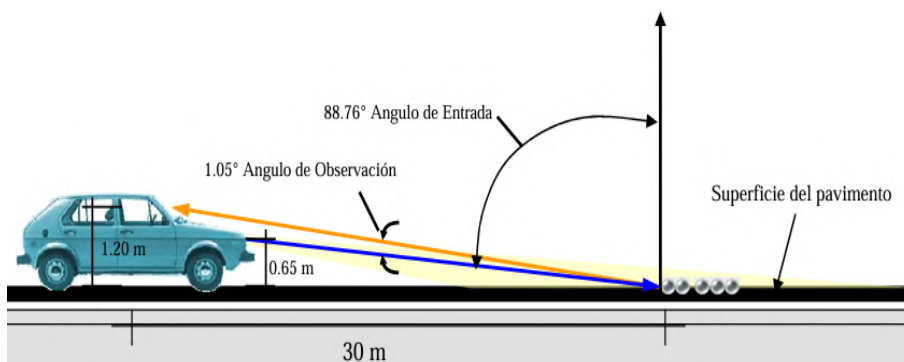
La visibilidad de la señalización vial, está directamente relacionada con la cantidad de luz que incide en la señalización y que es reflejada hacia los ojos de los conductores de los vehículos, lo cual puede ser evaluado a través de la medición de la retroreflectividad.

La retroreflectividad puede ser evaluada cuantitativamente. En términos matemáticos, la retroreflectividad es la relación entre la luminancia reflejada respecto a la iluminancia de los faros de los vehículos, bajo ciertas geometrías. Cabe señalar que estas geometrías están basadas en la distancia horizontal entre la fuente de luz (faros del vehículo) al punto donde se ubica la marca de tráfico, la distancia vertical de la fuente de luz al pavimento, la distancia vertical desde el pavimento hasta el punto donde se ubican los ojos del conductor y los ángulos que se generan entre los flujos de luz incidente y de observación.

Existen dos geometrías que se utilizan para la medición en la señalización horizontal, identificadas como geometría de medición de 15 m y 30 m; es importante indicar que los valores de retroreflectividad, medidos con diferente geometría, no son comparables y no ha sido posible obtener una relación confiable entre ambos resultados.

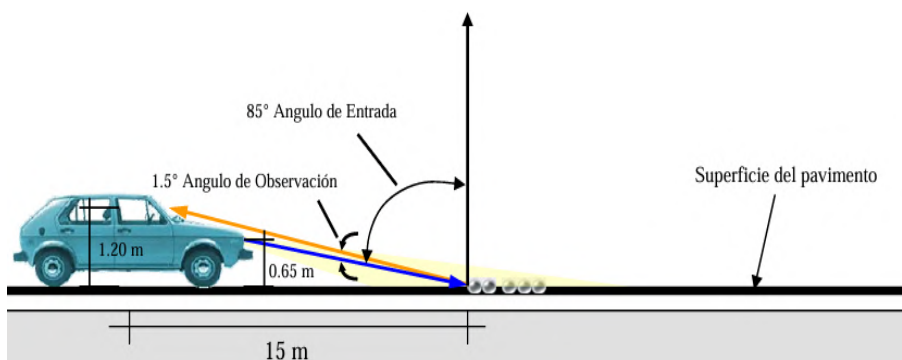
Cabe señalar que actualmente la geometría que más se utiliza corresponde a 30 m, los parámetros asociados a dicha geometría han sido obtenidos tomando como referencia un vehículo pequeño europeo para pasajeros (Wolswagen Rabbit), el cual posee una altura de faros de 0,65 m y la altura promedio de visión del conductor es de 1,20 m. En las siguientes figuras se presenta de manera esquemática las características de cada geometría.

Figura 2.9 Geometría de medición de 30 metros



Fuente: Rivera, 2009

Figura 2. 10 Geometría de medición de 15 metros



Fuente: Rivera, 2009

A continuación, se abordan aspectos sobre los parámetros indicados en las figuras.

- **Ángulo de observación:** Es el ángulo entre el rayo de luz provocado por la fuente luminosa y el rayo de luz retroreflejado por el material retroreflectivo que regresa a los ojos del conductor. Este parámetro es importante, ya que la cantidad de luz reflejada disminuye con un incremento en el ángulo de observación.
- **Altura de faros:** Es la distancia entre la superficie del pavimento y los faros del vehículo. En vista que los faros son normalmente paralelos a la superficie, a mayor altura se logra una mayor distancia de iluminación de la señalización.
- **Altura de visión del conductor:** Es la distancia entre la superficie del pavimento y los ojos del conductor. Al incrementarse la altura de visión, se logra una mayor proyección de la señalización vial.

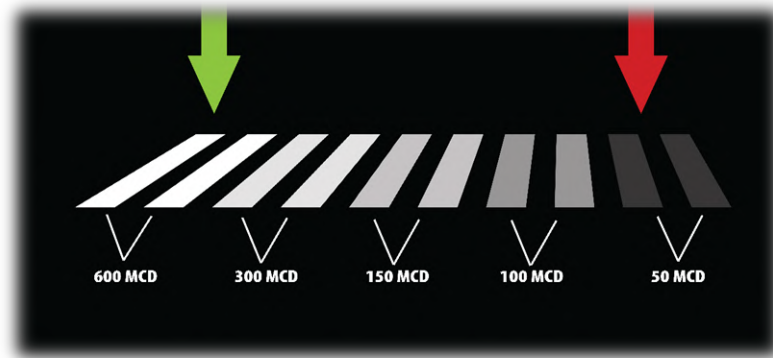
2.5.5.1 Retroreflectividad unidad de medición y desempeño

La demarcación desempeña funciones definidas de acuerdo con el esquema del control de tránsito, y se consideran un complemento de las señales verticales y semáforos, son utilizadas también para brindar instrucciones que son exclusivamente transmitidas por este medio.

Por lo anterior, se puede afirmar que la demarcación es un elemento clave en la seguridad vial, razón por la cual se hace vital asegurar su buen estado. Para la demarcación vial se ha definido la retroreflectividad como la medida de desempeño, utiliza como unidad las milicandelas por metro cuadrado por lux ($\text{mcd/m}^2/\text{lux}$).

Como se observa en la siguiente figura, a mayor retroreflectividad mayor capacidad de reflejarse la luz en la demarcación, especialmente en horas de la noche, lo que también permite que sea más segura la vía para ser transitada (García, 2015).

Figura 2. 11 Variación ilustrativa de la retroreflectividad



Fuente: Guía de retroreflexión, principios y evaluación de la señalización vial, 2014

2.6 VISIBILIDAD

Tomando en consideración que la señalización horizontal se ubica sobre la calzada, presenta la ventaja, frente a otros tipos de señales, de transmitir su mensaje al conductor sin que éste distraiga su atención de la pista en que circula. Desde este punto de vista, el lograr una mejor señalización horizontal constituye un objetivo prioritario de la seguridad vial. (Ministerio de obras públicas y comunicaciones, 2011, p.22).

No obstante, como desventaja, su visibilidad se ve afectada por variables ambientales, tales como nieve, lluvia, polvo, alto tránsito y otros. Por lo tanto, frente a maniobras de alto riesgo tales como zonas de no adelantar, entre otras, deben siempre ser reforzadas con la señalización vertical correspondiente.

2.6.1 Visibilidad nocturna (retroreflectancia)

2.6.1.1 Demarcaciones planas

Las demarcaciones deberán ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática, por ello se confeccionan con materiales apropiados, como pinturas que, junto a microesferas de vidrio, se someten a procedimientos que aseguran su retroreflexión.

Esta propiedad, permitirá que las microesferas sean visibles en la noche al ser iluminadas por las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que reflejan retorna

hacia la fuente luminosa. Estas demarcaciones deberán cumplir con los valores mínimos de retroreflexión indicados en la siguiente tabla.

Tabla 2. 1 Retroreflectancia inicial a 30 días (mcd/m²/lux)

Ángulos		Colores	
Iluminación	Observación	Blanco	Amarillo
3.5°	4.5°	300	180
1.24°	2.29°	200	120

Fuente: A.B.C. Manual dispositivos de control de tránsito, 2009

Los valores mínimos de retroreflectancia que se deberán cumplir para que se deba ejecutar el repintado de las marcas sobre el pavimento, corresponderán a los indicados en la siguiente tabla.

Tabla 2. 2 Retroreflectancia para repintados

Ángulos		Colores	
Iluminación	Observación	Blanco	Amarillo
3.5°	4.5°	120	95
1.24°	2.29°	90	70

Fuente: A.B.C. Manual dispositivos de control de tránsito, 2009

2.6.2 Visibilidad diurna (color y factor de luminancia)

2.6.2.1 Color demarcaciones planas

Las líneas longitudinales y marcas deben ser blancas o amarillas.

Amarillo: El color amarillo define la separación de corrientes de tránsito de sentido opuesto en vías de doble sentido con calzadas de uno o varios carriles y líneas de barrera.

Blanco: El color blanco define la separación entre tránsito en el mismo sentido y la demarcación de borde de calzada, pasos peatonales y espacios de estacionamiento. Las flechas, símbolos y letras serán de color blanco.

2.7 DEMARCACIONES ELEVADAS

En condiciones de lluvia, las demarcaciones planas suelen cubrirse con una película de agua, lo que en algunos casos puede limitar su visibilidad y retrorreflectividad. Una manera de dar a conocer las regulaciones y otra información señalizada con demarcaciones planas es reforzándolas con demarcaciones elevadas. Para lograr una demarcación elevada se puede emplear:

- Tachas
- Delineadores de piso.
- Demarcaciones resaltadas.

2.8 LÍNEAS LONGITUDINALES

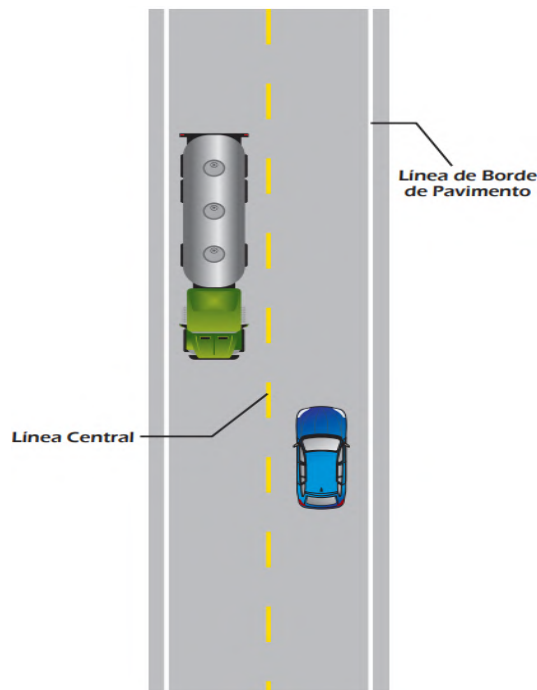
Las líneas longitudinales tienen por objeto, fundamentalmente, delimitar carriles y calzadas para indicar al conductor y usuario de las vías, la presencia de zonas con y sin prohibición de adelantar o cambiar de carril; zonas con prohibición de estacionar y para efectuar viraje a la izquierda; y para delimitar carriles dedicados al uso exclusivo de determinados tipos de vehículos; por ejemplo, carriles exclusivos para bicicletas, motocicletas o buses, entre otros vehículos permitidos.

2.8.1 Clasificación de las líneas longitudinales

Según la función que cumplen, las líneas longitudinales se clasifican en:

- Líneas “centrales” que separan flujos opuestos.
- Líneas que separan carriles.
- Líneas de borde de calzada.

Figura 2. 12 Líneas longitudinales



Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.9 CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS LONGITUDINALES

2.9.1 Color

2.9.1.1 Blanco

El color blanco se usa para indicar a los conductores:

- La separación de flujos que van en la misma dirección.
- El costado derecho del pavimento en la dirección del flujo en vías de doble sentido de circulación.
- El costado derecho e izquierdo del pavimento en la dirección del flujo vehicular en vías con un mismo sentido de circulación.

2.9.1.2 Amarillo

El color amarillo se usa para indicar a los conductores:

- La separación entre flujos que van en sentido opuesto en vías de una sola calzada de dos sentidos.

2.9.2 Significado de la forma y ancho de las líneas longitudinales

- Una línea doble indica el máximo nivel de restricción o restricciones especiales.
- Una línea continua significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella, y cuando la marca separe los dos sentidos de circulación, significa que no se debe circular por la izquierda de ella.
- Una línea segmentada indica que está permitido su traspaso.
- Línea normal: Tendrá anchos diferenciados en función del tipo de vía así:
 - 10 cm: ciclovías y vías bidireccionales o unidireccionales en calzadas sencillas (sección transversal < 6 m).
 - 12 cm: vías bidireccionales de calzada sencilla (sección transversal > 6 m).
 - 15 cm: vías de calzada doble.
- Línea doble: Son dos líneas paralelas separadas, como mínimo, por una distancia no menor al ancho mínimo de una línea longitudinal 10 cm.
- Línea segmentada: Es una línea normal, separada por brechas espacios libres de pintura que separan segmentos de línea (Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015, p.368).

2.10 LÍNEAS CENTRALES QUE SEPARAN FLUJOS OPUESTOS

Estas líneas están localizadas en el eje central de vías bidireccionales, para indicar la circulación de flujos en sentidos opuestos.

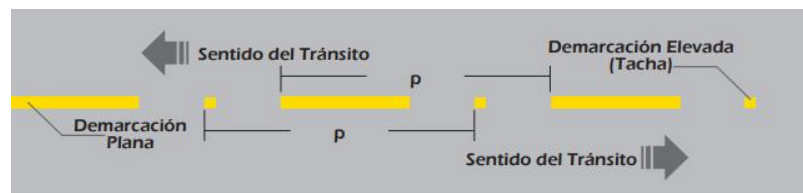
- Son de color amarillo cuando separan flujos que circulan en sentidos opuestos.
- El ancho de estas demarcaciones varía según el tipo de línea y el tipo de vía.
- Se deben localizar en toda vía bidireccional:
 - Con ancho de calzada de 5,5 m o más.
 - En vías urbanas, en calzadas con ancho inferior a 6,5 m, son de línea continua.
- Estas líneas pueden ser de tipo: segmentada, continua, doble o mixta.

Las particularidades de estas líneas se describen a continuación:

2.10.1 Líneas centrales segmentadas que separan flujos opuestos

Estas líneas pueden ser traspasadas y se emplean donde las características geométricas de la vía permiten el adelantamiento y los giros hacia la izquierda.

Figura 2. 13 Líneas centrales segmentadas

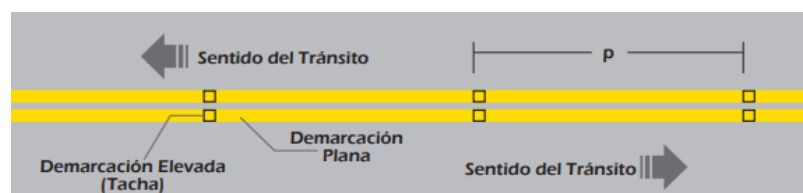


Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.10.2 Líneas centrales continuas que separan flujos opuestos

Se emplean donde las características geométricas de las vías no permiten el adelantamiento y/o giros hacia la izquierda. Estas líneas no pueden ser traspasadas por ningún vehículo.

Figura 2. 14 Líneas centrales continuas

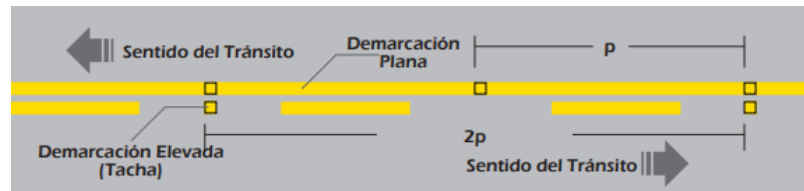


Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.10.3 Líneas centrales mixtas que separan flujos opuestos

Las líneas centrales mixtas consisten en dos líneas amarillas paralelas, una continua y la otra segmentada, de un ancho mínimo en función del tipo de vía.

Figura 2. 15 Líneas centrales mixtas

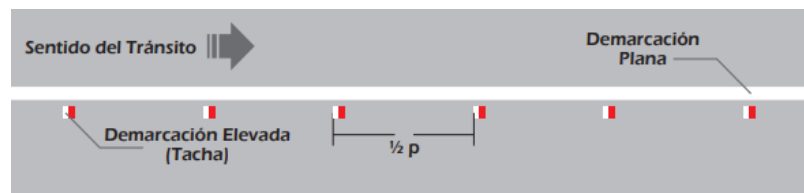


Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.11 LÍNEAS DE BORDE DE CALZADA

Dichas líneas tienen como función, indicar a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, dónde se encuentra el borde exterior de la calzada, lo que les permite posicionarse correctamente dentro de ésta, de forma segura y así tener menor probabilidad de invadir un carril en contraflujo.

Figura 2. 16 Líneas de borde de calzada



Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.12 LÍNEAS TRANSVERSALES

Las líneas transversales se utilizan en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para demarcar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas (Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015, p.383).

2.12.1 Clasificación

Atendiendo a la función que cumplen, las líneas transversales se clasifican en:

- **Líneas de detención:** Indican el lugar antes del cual los vehículos que se aproximan a una intersección o a un paso para peatones deben detenerse.

- **Líneas de ceda el paso:** Indican el lugar antes del cual los vehículos que se aproximan a una intersección deben detenerse si en el flujo vehicular de la vía prioritaria, se aproxima un vehículo que impida cruzar la intersección.
- **Líneas de cruce:** Éstas delimitan y señalan el sendero destinado al cruce de peatones o de ciclistas en la calzada vehicular.

2.12.2 Características

- **Mensaje:** Además de señalar el lugar más cercano a una intersección, a un paso para peatones o a un cruce de ciclistas, donde los vehículos deben detenerse, indican la prioridad de cruce de los usuarios tipo peatón o ciclista, sobre los vehículos motorizados.
- **Forma:** Las líneas transversales son generalmente continuas, con excepción de las líneas de ceda el paso, las cuales por la indicación que transmiten deben ser segmentadas.
- **Color:** Las demarcaciones de líneas transversales son de color blanco.

2.13 DEMARCACIONES PARA INTERSECCIONES

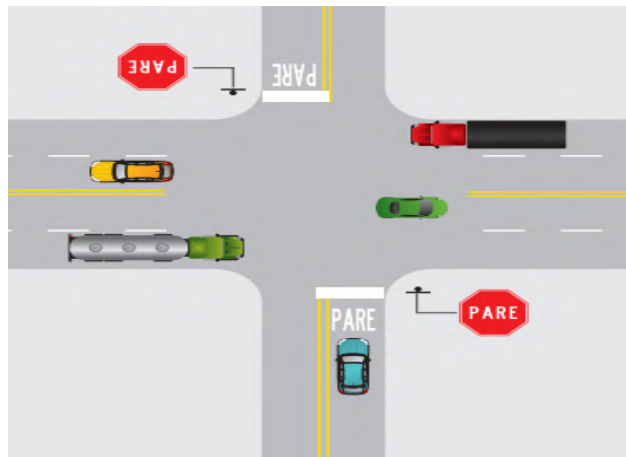
En esta sección se muestra cómo debe tratarse cada tipo de intersección y la relación e integración que debe existir entre las señales, semáforos y demarcaciones según la condición operativa de los distintos casos, a saber:

- Intersección controlada por señal pare.
- Intersección controlada por señal ceda el paso.
- Intersección regulada por semáforos.
- Intersección con restricción de bloqueo.
- Cruce peatonal.

2.13.1 Intersección controlada por señal pare

Una intersección es controlada por una condición “PARE” para establecer la prelación de circulación en las intersecciones; cuando se presente, se debe instalar la señal vertical pare, acompañada por la línea de detención continua.

Figura 2. 17 Cruce controlado por señal pare

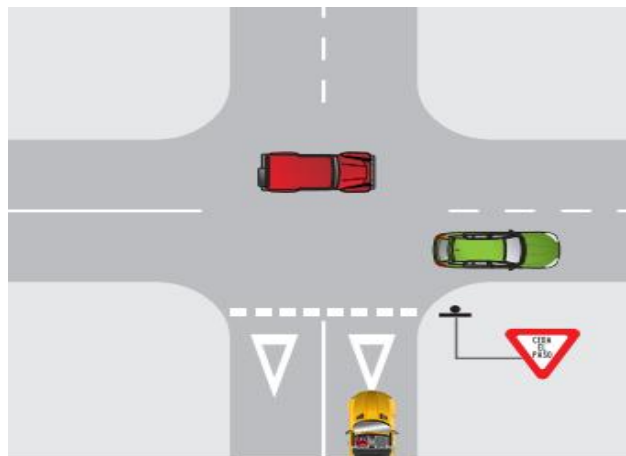


Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.13.2 Intersección controlada por señal ceda el paso

Una intersección controlada por una condición “CEDA EL PASO”, se presenta cuando es posible que los conductores de la vía, sin necesidad de detenerse, cedan el paso a los vehículos que circulan por la vía a la cual se aproxima y existe un espacio suficiente para cruzarla o para incorporarse a ésta, con seguridad.

Figura 2. 18 Cruce controlado por señal ceda el paso

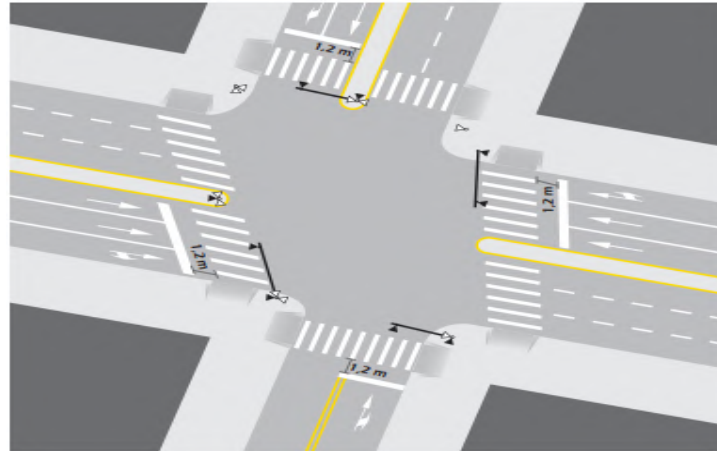


Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.13.3 Intersección regulada por semáforo

La demarcación transversal de una intersección regulada por semáforo, está compuesta por una línea de detención continua y las líneas que delimitan la senda para el cruce peatonal y/o de bicicletas (Agencia nacional de seguridad vial, 2022, p.86).

Figura 2. 19 Cruce regulado por semáforo

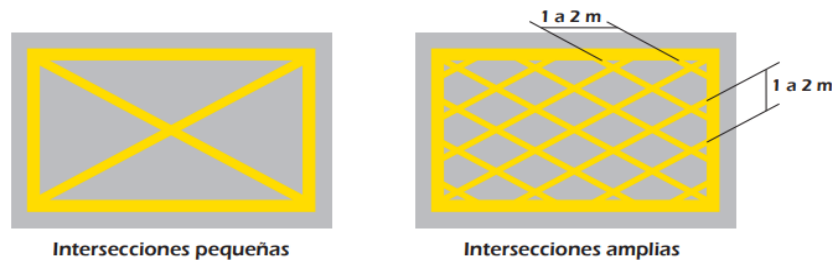


Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.13.4 Intersección con restricción de bloqueo

Esta demarcación tiene por objeto notificar a los conductores la prohibición de obstruir una intersección por cualquier razón, impidiendo u obstruyendo la circulación transversal. Por lo tanto, estas marcas se instalan en cualquiera de los cruces anteriormente mencionados que presentan altos niveles de congestión.

Figura 2. 20 Demarcación para zonas con restricción de bloqueo



Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.13.5 Cruce peatonal

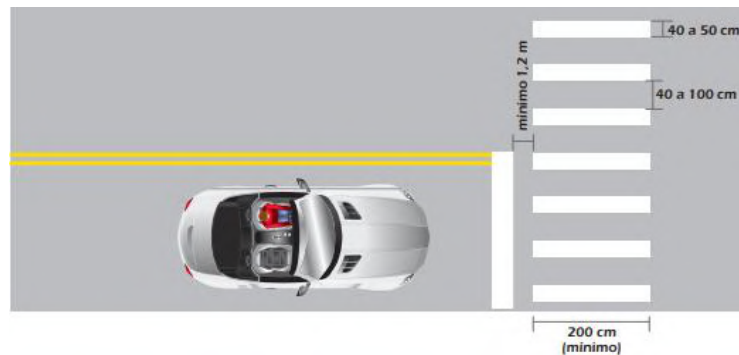
Estas marcas son de color blanco, y pueden ser de uno de los siguientes cuatro tipos que se describen en más detalle a continuación:

- Cruce cebra.
- Cruce sendero peatonal.
- Paso peatonal con resalto tipo trapezoidal.
- Cruce escolar.

2.13.5.1 Cruce cebra

Las demarcaciones de un cruce cebra consisten en una línea de detención por sentido de circulación, que indique a los vehículos el límite máximo de detención antes del paso peatonal, y una sucesión de líneas paralelas de 40 a 50 cm de ancho, separadas entre sí de 40 a 100 cm y colocadas en posición perpendicular al flujo peatonal en forma “cebreada”; todas estas de color blanco, con una longitud recomendada igual al ancho de las aceras entre las que se encuentren situadas, pero en ningún caso menor de 2 m.

Figura 2. 21 Cruce de cebra



Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.13.5.2 Cruce sendero peatonal

Esta demarcación se puede aplicar a cualquier cruce peatonal ubicado en los accesos o salidas de vías, con o sin semáforos, donde la velocidad operativa sea de 50 km/h o menor. Su demarcación consiste en dos líneas continuas paralelas transversales a la vía, de 30 cm de ancho como mínimo y de color blanco, trazadas con una separación entre ambas que se determina por el ancho de las aceras entre las que se encuentren situadas.

Figura 2. 22 Cruce sendero peatonal

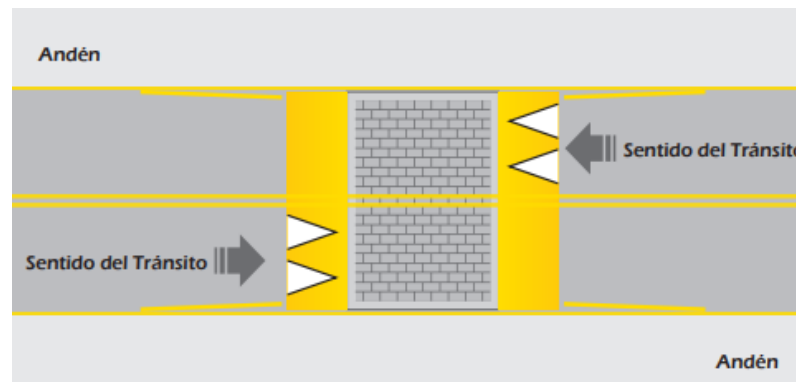


Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.13.5.3 Cruce peatonal con resalto trapezoidal

Este paso consiste de una plataforma elevada. Se pueden ubicar en los accesos y salidas de vías que no cuenten con un semáforo. Se pueden emplear en cruces peatonales a mitad de cuadra con semáforos o sin semáforos, adecuando la entrada y salida del resalto mediante rampas para evitar tropezaderos. La superficie del cruce podrá tener un color especial o una textura especial para destacar su presencia.

Figura 2. 23 Cruce con resalto trapezoidal

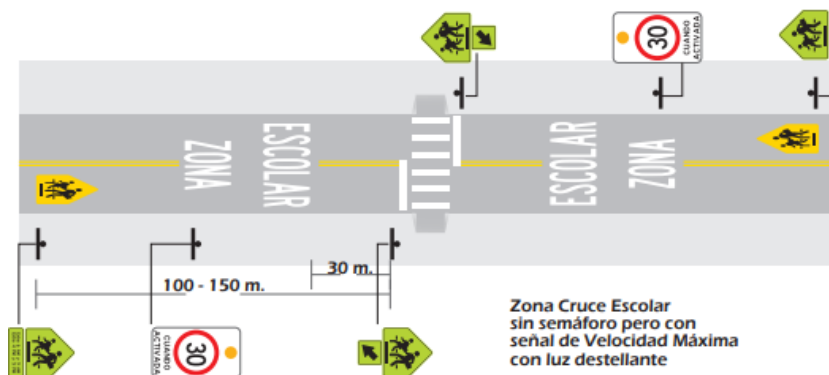


Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.13.5.4 Cruce escolar

Estos cruces se ubican cercanos a las escuelas y en un lugar con buena visibilidad. Consisten en dos líneas continuas paralelas transversales a la vía, de 30 cm de ancho como mínimo y de color blanco. Cuando se trate de una zona con velocidad operativa de 60 km/h o mayor el cruce debe ser cebreado (Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015, p.393).

Figura 2. 24 Cruce escolar



Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.14 LEYENDAS, FLECHAS Y SÍMBOLOS

Son aquellas demarcaciones especiales que se ubican sobre el pavimento con el propósito de guiar, advertir o regular el tráfico. Se incluyen en este tipo de demarcación flechas, señales como ceda el paso y pare y leyendas como despacio entre otras.

2.14.1 Clasificación

Estas demarcaciones se clasifican en:

- Flechas
- Leyendas
- Otros símbolos.

2.14.2 Características

2.14.2.1 Función

Estas demarcaciones tienen como función indicar la dirección y sentido en que los vehículos pueden circular en forma segura, en un carril; advertir sobre riesgos, y, en algunos casos, regular la circulación.

2.14.2.2 Forma

Debido a que estas señales se ubican horizontalmente sobre el pavimento, el conductor del vehículo percibe primero la parte inferior; por tanto, los símbolos, leyendas y/o flechas, deben ser más alargadas en el sentido longitudinal que las señales verticales, para que el conductor las perciba de manera proporcionada.

2.14.2.3 Color

La demarcación de flechas y leyendas es blanca, pudiéndose utilizar colores distintos para otros símbolos, siempre y cuando dichos colores correspondan a los especificados, para cada caso.

2.14.2.4 Ubicación

Estas señales deben demarcarse en el centro de cada uno de los carriles en que se aplican. Si las condiciones del tránsito o de la vía lo hacen necesario, estas demarcaciones pueden ser repetidas a lo largo de la misma, lo que otorga más oportunidades a los conductores para percibir el mensaje (Agencia nacional de seguridad vial, 2022, p.58).

2.15 FLECHAS

Son demarcaciones localizadas sobre el pavimento, con forma de saeta, que indican el o los sentidos de circulación del tránsito, permitidos en el carril o calzada donde estén ubicadas; se utilizan como señal de reglamentación o información para el conductor.

Se emplean para contribuir a la seguridad vial, fluidez del tráfico, y a mejorar el nivel de servicio de la vía y/o de la intersección, según el caso.

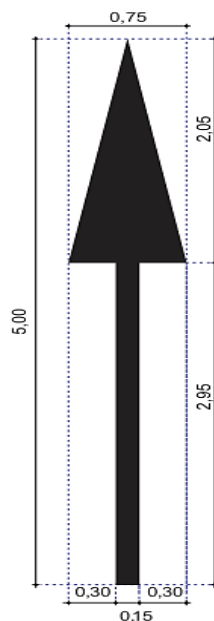
Según las maniobras permitidas por cada una de ellas, las flechas se clasifican en:

- Flecha de frente.
- Flecha de giro.
- Flecha de frente y de giro.
- Flecha de frente y de salida.

2.15.1 Flecha de frente

Indica que el carril donde se ubica, está destinado al flujo de tráfico que continúa en línea recta. En general, se utilizan en carril o carriles de aproximación a intersecciones, en empalmes o enlaces; en la proximidad de éstos, con el fin de reforzar y guiar de forma segura al tráfico (Manual de señalización vial de Colombia, 2022, p.64).

Figura 2. 25 Flecha de frente

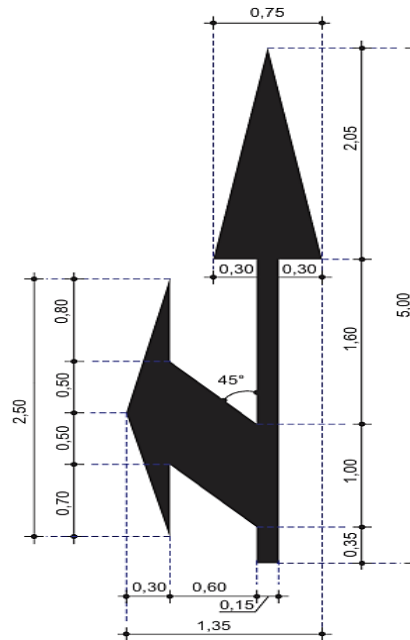


Fuente: Manual de señalización urbana horizontal, 2019

2.15.3 Flecha de frente y de giro

Indica que el carril donde se ubica, está destinado tanto al flujo de tráfico que continúa en línea recta, como al que gira en la dirección y sentido indicado por la flecha.

Figura 2. 28 Flecha de frente y de giro



Fuente: Manual de señalización urbana horizontal, 2019

2.16 DEMARCACIÓN DE BORDILLOS O CORDONES DE ACERA

Los cordones son piezas de piedra o fabricadas de hormigón simple en forma rectangular, que se suelen colocar a ambos lados de la calzada de una vía que permiten proteger y dar funcionalidad a calles, avenidas y aceras.

El cordón que bordea al pavimento tiene como función definir netamente las superficies destinadas al tránsito de vehículos y al de peatones. Esto evita que tanto el agua como los vehículos invadan la acera. De acuerdo a su función los bordillos se clasifican en:

- **Bordillos traspasables:** Son los que tienen como fin dificultar algo la salida de los vehículos de la calzada, pero pueden ser traspasados fácilmente por los mismos en casos de urgencia. Reducen el ancho efectivo de la calzada (por alejarse los vehículos de ellos) en unos 20 cm de día, pero la reducción por la noche es nula.
- **Bordillos barrera normales:** Son los más usados en nuestra ciudad, se proyectan para evitar que los vehículos que vayan a bajas velocidades puedan subir

fácilmente a las aceras y atropellar fácilmente a los peatones. Tienen de 15 cm de altura en adelante pero no deben pasar de 20 cm a fin de que no dañen a los automóviles que se estacionen contra ellos.

- **Bordillos barrera altos:** Tienen más de 20 cm de altura y su misión es impedir a toda costa que los vehículos se salgan de la calzada son usados en sitios peligrosos tales como puentes, viaductos o junto a precipicios.

Figura 2. 29 Cordón de acera sin demarcación



Fuente: Elaboración propia

Se deben demarcar los bordillos o cordones de acera que puedan constituir un riesgo para la seguridad vial de los usuarios, o que sirvan para encauzar el tránsito, con el fin de resaltar su ubicación y visibilidad.

Figura 2. 30 Cordón de acera con demarcación



Fuente: Elaboración propia

2.17 REDUCTORES DE VELOCIDAD, RESALTOS O ROMPE MUELLES

El exceso de velocidad con relación a ciertas condiciones de la vía y del entorno es uno de los principales factores que contribuyen al riesgo, ocurrencia y gravedad de los siniestros de tránsito. Existe diversidad de dispositivos diseñados con el propósito de

inducir al conductor a reducir su velocidad de operación (Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015, p.658).

El resalto, según su diseño, es capaz de reducir la velocidad promedio hasta a 30 km/h, lo que los hace especialmente aptos para vías urbanas de carácter local y de uso de suelo predominantemente residencial y/o donde se ubican establecimientos educativos.

Se usan en situaciones como las siguientes:

- En zonas urbanas en donde se requiere transitar a bajas velocidades por la presencia permanente de peatones que cruzan la vía.
- En zonas escolares ubicadas en áreas urbanas.
- En cruces de vías de accesos no regulados, donde se requiere reducir la velocidad.
- Tramos de vías donde se registra exceso de velocidad.

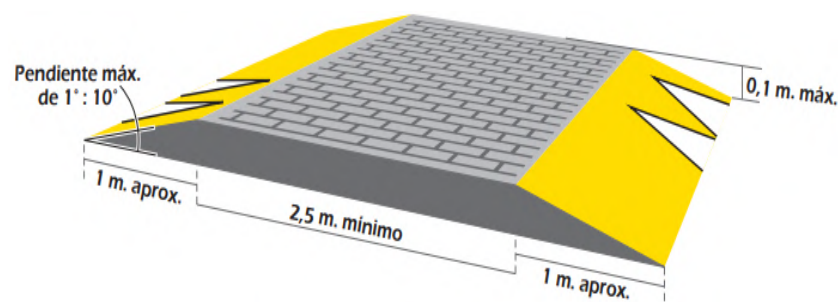
Los reductores de velocidad tipo resalto comúnmente utilizados se clasifican atendiendo su geometría en los siguientes tipos:

- Resalto trapezoidal o pompeyano.
- Resalto parabólico o circular.
- Resalto portátil.
- Resalto tipo cojín.

2.17.1 Resalto trapezoidal o pompeyano

Estos dispositivos, además de cumplir la función de reducir la velocidad de los vehículos, sirven como pasos peatonales o de bicicletas. Su rasante se debe situar a un nivel hasta 0,1 m sobre la rasante normal de la vía vehicular.

Figura 2. 31 Resalto trapezoidal o pompeyano

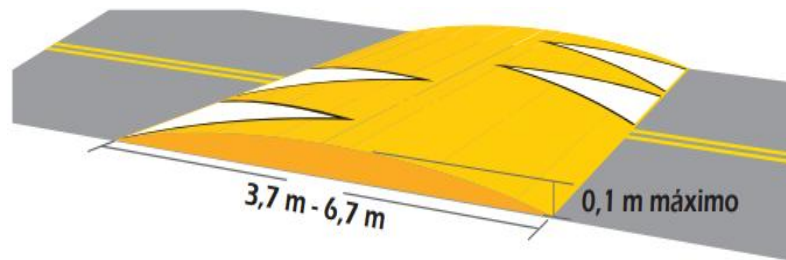


Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.17.2 Resalto parabólico o circular

Estos dispositivos cumplen la función de reducir la velocidad de los vehículos que circulan por la calzada, ya que al pasar a mayor velocidad causan una oscilación importante en el vehículo; para evitar dicho efecto, los conductores bajan su velocidad.

Figura 2. 32 Resalto parabólico o circular

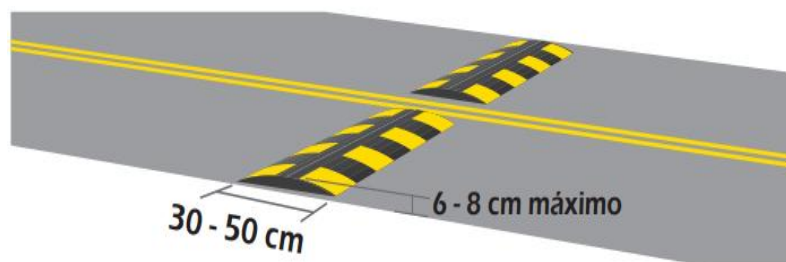


Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.17.3 Resalto portátil

Son dispositivos elaborados en caucho, plástico o cualquier otro tipo de material sintético de bajo peso y de alta resistencia al impacto que se colocan sobre la superficie de la vía como reductores de velocidad temporales. Pueden ser utilizados para operativos policiales, de control de tránsito o de orden público, en zonas escolares a las horas de entrada y/o salida de los estudiantes o en cualquier otra circunstancia en la que se requiera la reducción de las velocidades de los vehículos.

Figura 2. 33 Resalto portátil

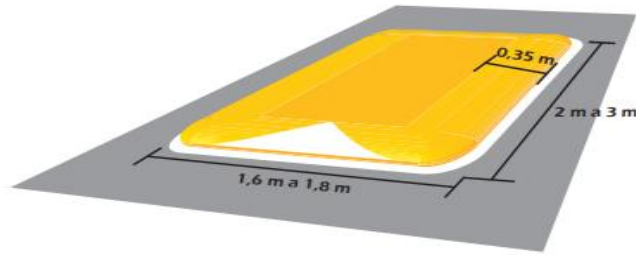


Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

2.17.4 Resalto tipo cojín

Son dispositivos elaborados en caucho, plástico, concreto u otros materiales de alta resistencia al impacto que se colocan sobre la superficie de la vía con el fin de calmar la velocidad de los vehículos, ubicándose en medio de los carriles de circulación vehicular.

Figura 2. 34 Resalto tipo cojín



Fuente: Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015

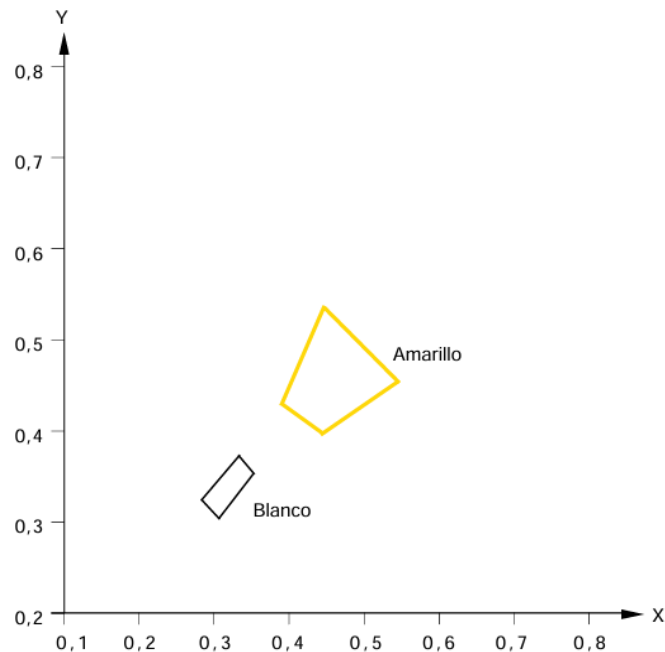
2.18 COLORES DE LAS DEMARCACIONES

Las demarcaciones se deben instalar con los colores especificados para cada una de ellas, de acuerdo al color aceptado por los cuatro pares de coordenadas de cromaticidad en términos del Sistema Colorimétrico Estándar CIE 1931 y el factor de luminancia, valor asociado a la mayor o menor “claridad” o “luminosidad” de un color, según se establece en la norma ASTM D4956, condición que deben mantener o de lo contrario deben ser repuestas (Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia, 2015).

Figura 2. 35 Coordenadas de color para demarcaciones

Coordenadas Cromáticas

Color	x	y	x	y	x	y	x	y
Blanco	0,355	0,355	0,305	0,305	0,285	0,325	0,335	0,375
Amarillo	0,443	0,399	0,545	0,455	0,465	0,535	0,389	0,431



Fuente: Manual de señalización de tránsito demarcaciones, 2001

2.19 LA IMPORTANCIA DE LA SEÑALIZACIÓN EN LA SEGURIDAD VIAL

2.19.1 Importancia de la seguridad vial

La seguridad vial no es solo un concepto, es una prioridad fundamental en nuestra sociedad. Cada año, miles de vidas se ven afectadas por accidentes de tráfico, y la necesidad de tomar medidas para reducir estos riesgos es imperativa.

En este contexto, la señalización horizontal emerge como un elemento crítico para mejorar la seguridad en nuestras vías. A continuación, se detallan los aspectos clave que destacan su importancia:

- **Facilita la orientación:** La señalización horizontal desempeña un papel esencial al ayudar a los conductores a comprender las reglas de tráfico y las condiciones de la vía. Esto reduce la confusión, permitiendo a los conductores tomar decisiones informadas y seguras.
- **Mejora la visibilidad:** La visibilidad en la vía es un factor crucial para la seguridad vial, especialmente durante la noche o en condiciones climáticas adversas. Las marcas y líneas pintadas en la calzada aumentan la visibilidad de las condiciones de la vía, de las señales y de otros vehículos, lo que contribuye significativamente a la prevención de accidentes.
- **Promueve la orden y el cumplimiento:** La señalización horizontal establece límites, reglas y advertencias, lo que fomenta el cumplimiento de las normativas de tráfico. Al delinear carriles, zonas de adelantamiento o límites de velocidad, la señalización horizontal guía a los conductores hacia un comportamiento más seguro y respetuoso de las leyes de tráfico.

2.19.2 Rol de la señalización vial

La señalización horizontal cumple un papel fundamental en la seguridad vial desempeñando las siguientes funciones clave:

- **Definir carriles:** Marcas como las líneas continuas o discontinuas dividen los carriles de la vía, lo que regula el flujo de tráfico y contribuye a evitar colisiones frontales y adelantamientos peligrosos.

- **Indicar prioridades:** En intersecciones y cruces, la señalización horizontal indica claramente quién tiene prioridad, lo que ayuda a evitar colisiones y garantiza una circulación segura y ordenada.
- **Advertir sobre peligros:** Las señales de advertencia pintadas en el pavimento alertan a los conductores sobre condiciones peligrosas, como curvas pronunciadas, zonas de peatones, zonas escolares, entre otras. Esta advertencia temprana es esencial para la prevención de accidentes.

2.19.3 Beneficios de una buena señalización horizontal

La inversión en una señalización horizontal efectiva conlleva una serie de ventajas significativas para la seguridad vial y la gestión del tráfico, entre las cuales destacan:

- **Reducción de accidentes:** Una señalización clara y visible disminuye significativamente la probabilidad de colisiones y atropellos, lo que, en última instancia, salva vidas y reduce lesiones graves.
- **Ahorro de tiempo y combustible:** El flujo de tráfico eficiente, dirigido por una señalización adecuada, reduce la congestión en las vías, ahorrando tiempo y combustible para los conductores.
- **Mejora de la calidad de vida:** Vías seguras y bien señalizadas no solo garantizan la seguridad, sino que también contribuyen al bienestar de la comunidad, al reducir el estrés de conducir y promover una movilidad más eficiente y segura.

2.19.4 Mantenimiento y durabilidad

El mantenimiento y la durabilidad de la señalización horizontal son aspectos cruciales para su efectividad y, en última instancia, para la seguridad vial. Estas son algunas de las consideraciones clave en este ámbito:

- **Reparación:** Con el tiempo, las marcas y líneas de la señalización horizontal se desgastan debido al tráfico constante y a las inclemencias del tiempo. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo programas regulares de mantenimiento que incluyan la repintada de las marcas desgastadas.
- **Selección de materiales duraderos:** La elección de materiales de alta calidad es fundamental para la durabilidad de la señalización horizontal. Esto incluye la

selección de pinturas y termoplásticos resistentes al desgaste y al clima. Los materiales reflectantes de calidad también garantizan que las marcas sean visibles tanto de día como de noche.

- **Programas de mantenimiento preventivo:** Además de las reparaciones reactivas, es importante implementar programas de mantenimiento preventivo. Estos programas incluyen inspecciones regulares para identificar señales de desgaste o daño antes de que se conviertan en problemas mayores. Las reparaciones tempranas pueden ahorrar tiempo y dinero a largo plazo.
- **Impacto del clima:** El clima puede ser un factor importante en el mantenimiento de la señalización horizontal. Las regiones con inviernos fríos y nevados pueden experimentar un desgaste más rápido de las marcas debido al uso de sal y a la congelación y descongelación frecuente. Por lo tanto, es fundamental adaptar las estrategias de mantenimiento a las condiciones climáticas locales (Reynober, 2023).

CAPÍTULO III

**APLICACIÓN PRÁCTICA PARA LA
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES
VISUALES DE LOS RECUBRIMIENTOS
DE DEMARCACIÓN VIAL**

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES VISUALES DE LOS RECUBRIMIENTOS DE DEMARCACIÓN VIAL

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La evaluación se realizó en la zona urbana de la ciudad de Tarija, ubicada en la provincia Cercado. Se abarcaron intersecciones distribuidas desde el norte, pasando por el centro, hasta el sur de la ciudad, incluyendo barrios con diferentes características urbanas y condiciones viales.

Figura 3. 1 Mapa de Tarija ubicación del área de estudio



Fuente: Educabolivia, 2022

El objetivo fue analizar el estado actual de la señalización horizontal en puntos críticos, considerando situaciones reales que afectan su visibilidad y funcionamiento, especialmente en lo relacionado con la seguridad vial.

3.1.1 Criterios de selección de los puntos evaluados

La selección de puntos se basó en observación directa en campo, criterio técnico y conocimiento general de la ciudad. Se definieron 30 intersecciones que presentaban deficiencias visibles en la señalización horizontal. Los criterios considerados fueron los siguientes:

- **Desgaste o ausencia de demarcación vial:** Se priorizaron intersecciones donde las marcas viales estaban deterioradas, poco visibles o incompletas, lo que afecta directamente la seguridad en la vía.
- **Zonas con presencia constante de peatones y vehículos:** Se tomaron en cuenta puntos cercanos a unidades educativas, centros de salud, mercados, avenidas principales y vías de alta circulación, especialmente en horarios pico.
- **Señalización deficiente o poco efectiva:** Se incluyeron lugares donde la señalización horizontal o vertical era insuficiente o generaba confusión, principalmente para los conductores.
- **Antecedentes de accidentes de tránsito (gestión 2012):** Se consideraron intersecciones donde se registraron hechos de tránsito en años anteriores, según datos disponibles de la gestión 2012.
- **Condiciones de alto riesgo:** Se eligieron puntos que, por sus características físicas o de circulación, presentan mayor probabilidad de incidentes debido a la falta de señalización adecuada.
- **Incidentes recientes (gestión 2024):** Se utilizó un mapa de calor elaborado por la Dirección de Accidentes de Tránsito de Tarija, que muestra las zonas con mayor frecuencia de accidentes durante 2024. Esta herramienta permitió reforzar la selección de varios puntos evaluados.

Los detalles de estos registros se presentan en el **Anexo A**.

En resumen, los puntos seleccionados representan una muestra representativa de las condiciones actuales de la señalización horizontal en la ciudad. La selección se basó en criterios técnicos claros, observación en campo e información oficial, lo que proporciona una base sólida para el análisis posterior.

Las intersecciones se encuentran distribuidas en barrios como: El Campesino, La Loma, Centro, Senac, Germán Busch, Lourdes, Villa Avaroa, San Bernardo, 6 de agosto, La Pampa, El Constructor, Juan XXIII, Moto Méndez, Morros Blancos, San Jorge I, entre otros. Esta diversidad permitió evaluar el comportamiento de los recubrimientos viales en distintos entornos urbanos y condiciones particulares de cada zona.

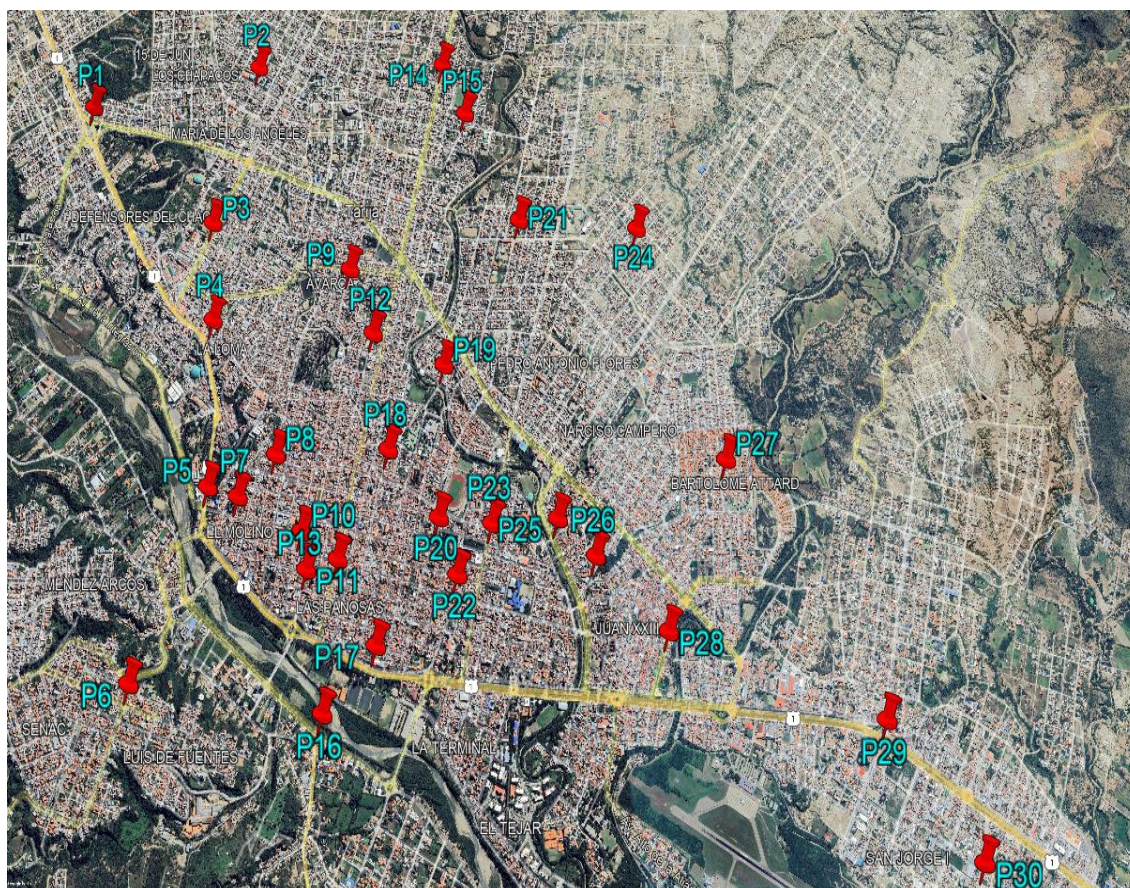
A continuación, se presenta la tabla con las intersecciones seleccionadas:

Tabla 3. 1 Nombres de las intersecciones seleccionadas

N° de punto	Intersecciones	Zona
P.1	Av. Panamericana – Av. Circunvalación	Urbana
P.2	Av. Tiguipa – Calle El Rancho	Urbana
P.3	Av. Froilán Tejerina – Calle Ernesto Trigo	Urbana
P.4	Calle Cochabamba – Calle Humberto Portocarrero	Urbana
P.5	Av. Panamericana – Av. Integración	Urbana
P.6	Av. Los Ceibos – Av. Julio Arce Castillo	Urbana
P.7	Calle Sevilla – Calle La Madrid	Urbana
P.8	Calle Ballivián – Av. Domingo Paz	Urbana
P.9	Av. Mejillones – Calle Pando	Urbana
P.10	Calle General Trigo – Calle 15 de abril	Urbana
P.11	Calle Sucre – Calle Alejandro del Carpio	Urbana
P.12	Calle Daniel Campos – Calle Ayoroa	Urbana
P.13	Calle Colón – Calle Virginio Lema	Urbana
P.14	Av. Colón – Av. 11 de febrero	Urbana
P.15	Calle Suipacha – Calle Santa María	Urbana
P.16	Av. Los Callejones – Av. Dr. Ángel Baldiviezo	Urbana
P.17	Calle Isaac Attie – Av. Víctor Paz Estensoro	Urbana
P.18	Calle Méndez – Calle Cochabamba	Urbana
P.19	Calle Santa Cruz – Av. Humberto Arce	Urbana
P.20	Calle O'Connor – Calle Bolívar	Urbana
P.21	Av. Néstor Paz – Calle Antonio Borda	Urbana
P.22	Calle Padilla – Av. Belgrano	Urbana
P.23	Av. La Paz – Calle Oruro	Urbana
P.24	Av. Sanandita – Av. Aguayrenda	Urbana
P.25	Av. Julio Delio Echazú – Av. La Gamoneda	Urbana
P.26	Calle Hugo Banzer – Calle José M. Acha	Urbana
P.27	C. José Antonio Larrea – C. Cap. Juan José García	Urbana
P.28	Av. Romero – Av. Héroes del Chaco	Urbana
P.29	Av. Panamericana – Av. Cnl. Carlos Díaz Sossa	Urbana
P.30	Av. El Periodista – Calle Julio La Faye San	Urbana

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 2 Mapa de ubicación de los puntos evaluados en el estudio



Fuente: Elaboración propia - Google Earth

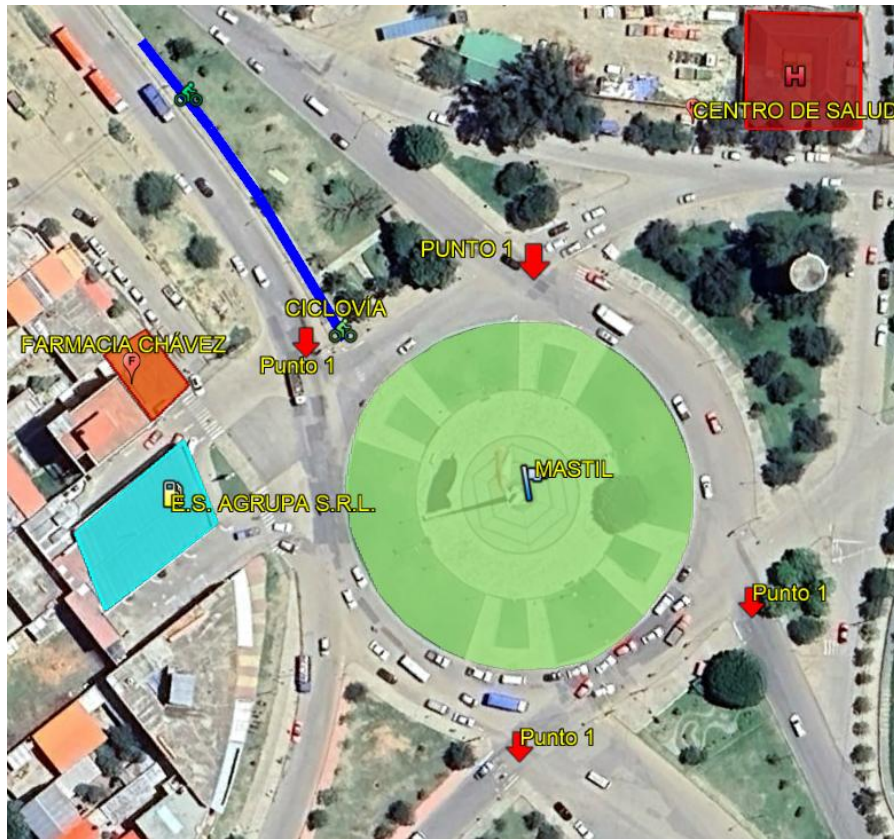
A continuación, se presenta la justificación específica de cada punto seleccionado para el estudio, incluyendo el motivo de su elección y su ubicación referencial. Como ejemplo ilustrativo, el punto 1 incluye una imagen satelital (Google Earth) con su entorno inmediato; las imágenes correspondientes a los demás puntos se encuentran disponibles en el **Anexo B**.

Cuadro 3. 1 Justificación de los puntos evaluados en el estudio

Punto 1: Intersección Av. Panamericana – Av. Circunvalación

Se seleccionó por ser una de las principales vías de ingreso a la ciudad desde el norte, con circulación frecuente de vehículos livianos, pesados y transporte público. A pesar de contar con semáforos, la señalización horizontal está incompleta y visiblemente desgastada, mientras que la señalización vertical presenta baja visibilidad durante la noche. Además, la ciclovía ubicada en la jardinera central no cuenta con continuidad ni

señalización clara, lo que representa un riesgo tanto para ciclistas como para peatones. A esto se suma la presencia cercana de un centro de salud, una farmacia y una estación de servicio, lo que genera movimiento peatonal constante durante todo el día. Por estas condiciones, y considerando los accidentes registrados en esta intersección durante los años 2012 y 2024, se determinó su inclusión dentro del estudio.



Punto 2: Intersección Av. Tiguiipa – C. El Rancho

Se incluyó por su ubicación frente a una unidad educativa que ocupa toda la cuadra, con presencia constante de estudiantes, especialmente en horarios de ingreso y salida. No cuenta con semáforos ni señalización vertical, lo que aumenta el riesgo peatonal. Al tratarse de una intersección en “T” con paso frecuente de vehículos, motos y transporte público, la falta de regulación agrava la inseguridad vial en la zona.

Punto 3: Intersección Av. Froilán Tejerina – C. Ernesto Trigo

Se consideró por su ubicación frente a la unidad educativa Eulogio Ruíz y Lidia Reynoso, donde en horas pico hay alta concentración de peatones y vehículos. Aunque hay semáforos, estos no funcionan, y tampoco hay señalización vertical, lo que agrava

el riesgo en una zona escolar. En 2024 se registraron accidentes en el lugar, lo que reforzó la necesidad de incluirlo en el estudio.

Punto 4: Intersección C. Cochabamba – C. Humberto Portocarrero

Se eligió por su cercanía a la rotonda de la Av. Panamericana y a las unidades educativas José María Vélaz y Fe y Alegría, lo que genera tránsito peatonal frecuente, sobre todo en horas pico. Las aceras son angostas (1,40 m) y no hay semáforos, lo que aumenta el riesgo para peatones. Si bien existen señales verticales como límite de velocidad y prohibición de giro, no se respetan, especialmente por motociclistas. Además, el estacionamiento sobre la calle Humberto Portocarrero (de 5,20 m de ancho) reduce el espacio disponible y afecta la seguridad. Ya se registraron accidentes en este lugar en 2012 y 2024.

Punto 5: Intersección Av. Panamericana – Av. Integración

Se consideró por el alto movimiento vehicular en horarios críticos, como al mediodía y por la tarde, lo que representa un riesgo constante para peatones. Aunque hay semáforos y dos señales verticales, en 2012 se registraron accidentes graves, incluyendo un fallecido, y en 2024 ocurrieron nuevos incidentes. Estos antecedentes muestran que la intersección presenta condiciones inseguras, por lo que se incluyó en el estudio.

Punto 6: Intersección Av. Los Ceibos – Av. Julio Arce Castillo

Se seleccionó por el constante movimiento peatonal, dado que en la zona hay comercios, un centro de salud y una parada de transporte público. Aunque cuenta con semáforos, carece de señalización vertical y las marcas viales están desgastadas, lo que afecta la seguridad de peatones y conductores. En 2024 se registraron accidentes en este punto, lo que llevó a incluirlo en el estudio.

Punto 7: Intersección C. Sevilla – C. La Madrid

Se seleccionó por la alta presencia peatonal en tardes y noches, por la cercanía a la plazuela Uriondo y el gimnasio del hotel Los Ceibos. Las aceras son angostas (1,20 m), las marcas viales están deterioradas y solo hay una señal que obliga a girar a la izquierda desde La Madrid hacia el puente San Martín, lo que causa confusión y maniobras riesgosas. Además, no hay semáforos pese al tránsito constante, ya que es una salida del centro. Por estas condiciones, se incluyó en el estudio para mejorar la seguridad vial.

Punto 8: Intersección C. Ballivián – Av. Domingo Paz

Se eligió por la constante presencia peatonal, ya que en la zona hay tiendas, un mercado y una autoescuela. Aunque hay una señal de “PARE”, no cuenta con semáforos, lo que incrementa el riesgo para peatones y conductores. Los vehículos que suben por Ballivián deben ceder el paso a los que bajan por la Av. Domingo Paz, donde la velocidad suele ser alta. Por estas condiciones, fue incluido en el estudio.

Punto 9: Intersección Av. Mejillones – C. Pando

Se consideró por su ubicación frente al mercado Avaroa, donde en días de feria hay alta circulación de peatones y vehículos. Es una intersección en “T” con marcas viales desgastadas, calles angostas y sin semáforos. El estacionamiento sobre la avenida, especialmente en días de feria, reduce el espacio disponible, genera congestión y aumenta el riesgo de accidentes. Por estos factores, fue incluida en el estudio.

Punto 10: Intersección C. General Trigo – C. 15 de abril

Se seleccionó por su cercanía a la plaza principal y edificios gubernamentales, donde hay constante circulación peatonal y vehicular. Aunque cuenta con semáforos y señalización vertical, el incumplimiento de la prohibición de estacionar alrededor de la plaza reduce el espacio vial y agrava la congestión en horas pico. Esto incrementa el riesgo de incidentes, especialmente para peatones, por lo que fue incluido en el estudio.

Punto 11: Intersección C. Sucre – C. Alejandro del Carpio

Se consideró por el flujo constante de vehículos y peatones en las tardes y noches. Aunque hay semáforos y señalización vertical, algunos vehículos que ingresan desde Av. Víctor Paz Estensoro circulan a alta velocidad, frenan de forma brusca o ignoran la luz roja, generando riesgo. Las aceras son angostas (desde 0,78 m), lo que dificulta el paso peatonal. Además, en 2024 se registraron accidentes en esta intersección y su conexión con la calle Avaroa, lo que motivó su inclusión en el estudio.

Punto 12: Intersección C. Daniel Campos – C. Ayoroa

Se seleccionó por el constante movimiento peatonal generado por la unidad educativa José Manuel Ávila, la plaza Avaroa y una cancha deportiva muy concurrida en las noches. Aunque hay señalización vertical y marcas viales, la falta de semáforos y la pendiente de la calle Daniel Campos reducen la visibilidad, aumentando el riesgo.

Además, durante el horario escolar, la vía se bloquea parcialmente, lo que genera maniobras imprevistas y posibles conflictos con vehículos en la calle Ayoroa.

Punto 13: Intersección C. Colón – C. Virginio Lema

Se eligió por el constante movimiento de peatones y vehículos durante el día, debido a la cercanía con la plazuela Sucre y comercios de la zona. Aunque hay semáforos y señalización, el estacionamiento indebido alrededor de la plaza reduce el espacio para la circulación vehicular. Además, las aceras en la calle Colón son las más estrechas del estudio, con un ancho de apenas 0,72 m, lo que aumenta el riesgo para los peatones.

Punto 14: Intersección Av. Colón – Av. 11 de febrero

Se consideró por la alta afluencia peatonal durante el día y la falta de semáforos, pese a que ambas avenidas son de doble vía. La única señal vertical, que prohíbe el giro en U, no es respetada por varios conductores, lo que genera maniobras peligrosas. Estas condiciones generan un entorno con bajo control vial y alto potencial de accidentes, por lo que este punto fue incluido para evaluación.

Punto 15: Intersección C. Suipacha – C. Santa María

Se eligió por su ubicación frente a la unidad educativa Lourdes y la plaza del mismo nombre, que generan un flujo constante de peatones, principalmente estudiantes. Aunque cuenta con señalización vertical y horizontal, la falta de semáforos y la escasa iluminación nocturna aumentan el riesgo de accidentes. Durante los horarios escolares, el tránsito se restringe en la calle Suipacha, y los vehículos que circulan por Santa María deben rodear la unidad educativa, provocando maniobras imprevistas y posibles conflictos viales. Por estas razones, se consideró un punto relevante para la evaluación.

Punto 16: Intersección Av. Los Callejones – Av. Ángel Baldiviezo (Av. La Banda)

Se consideró por el importante flujo de vehículos y peatones, debido a la cercanía de dos institutos, una autoescuela y accesos a lugares concurridos como la gruta de Chaguaya y el puente Peregrino. Aunque cuenta con señalización vertical y marcas viales, la falta de semáforos y la velocidad del tránsito en ambas avenidas aumentan el riesgo, especialmente durante la noche. Además, en 2024 se registraron incidentes en este sector, lo que reforzó su inclusión en el estudio.

Punto 17: Intersección C. Isaac Attie – Av. Víctor Paz Estensoro

Se seleccionó por su cercanía a la unidad educativa Tarija y al coliseo con canchas deportivas, lo que genera constante presencia de jóvenes y peatones. Aunque cuenta con semáforos y señalización vertical, muchos conductores no respetan los límites de velocidad ni las restricciones de giro. Además, al ser la única vía de doble sentido en la zona, el riesgo de accidentes es mayor. Los incidentes registrados en 2012 y 2024 motivaron su inclusión en el estudio.

Punto 18: Intersección C. Méndez – C. Cochabamba

Se consideró por la alta afluencia peatonal vinculada a comercios y servicios cercanos. Aunque cuenta con semáforos, la calle Cochabamba inicia allí su doble sentido en una vía angosta, lo que, sumado al estacionamiento indebido y la velocidad de algunos vehículos que ignoran la señal, eleva el riesgo. Los accidentes registrados en 2024 confirmaron la necesidad de incluir este punto en el estudio.

Punto 19: Intersección C. Santa Cruz – Av. Humberto Arce

Se consideró por la alta circulación peatonal durante todo el día, debido a la cercanía de una plaza, parque infantil, canchas deportivas y el hospital San Juan de Dios. La ausencia de semáforos, el desgaste de las marcas viales y la escasa iluminación nocturna aumentan el riesgo. Además, el cruce hacia el puente colgante, angosto para el doble sentido de la calle Santa Cruz, representa un punto crítico.

Punto 20: Intersección C. O'Connor – C. Bolívar

Se seleccionó por la alta circulación peatonal durante todo el día, debido a la cercanía del parque Bolívar, restaurantes, comercios, una farmacia, cajeros automáticos y otros servicios. Aunque hay semáforos, algunos conductores no respetan la luz roja, lo que incrementa el riesgo de accidentes. Además, el estacionamiento indebido en ambas calles reduce el espacio vial, y los pasos peatonales estaban incompletos por trabajos recientes de reparación del pavimento. Por estas condiciones, fue incluido en el estudio.

Punto 21: Intersección Av. Néstor Paz – C. Antonio Borda

Se consideró esta intersección por la alta circulación peatonal, especialmente en horarios escolares, debido a la cercanía de la unidad educativa Octavio Campero Echazú. Aunque cuenta con marcas viales y señalización vertical, la ausencia de

semáforos y la velocidad de los vehículos que circulan por la avenida aumentan el riesgo, sobre todo al atardecer y en la noche, cuando la iluminación es escasa.

Punto 22: Intersección C. Padilla – Av. Belgrano

Se seleccionó por el flujo constante de peatones hacia comercios y una parroquia cercana. La calle Padilla es de doble sentido y angosta, y el estacionamiento en ambos lados reduce la visibilidad y el espacio para circular. La falta de semáforos agrava el riesgo para peatones y conductores, por lo que se incluyó en el estudio.

Punto 23: Intersección Av. La Paz – C. Oruro

Se seleccionó por el constante movimiento peatonal durante el día, vinculado a la feria de ropa americana, comercios, peluquerías, un sindicato de transporte y el parque Bolívar. La intersección no cuenta con semáforos y presenta circulación continua de vehículos, lo que, sumado al estacionamiento en ambas vías, reduce el espacio vial y complica el tránsito, especialmente en días de feria. Los hechos de tránsito registrados en 2024 motivaron su inclusión en el estudio.

Punto 24: Intersección Av. Sanandita – Av. Aguayrenda

Se seleccionó por el flujo constante de peatones hacia el centro de salud El Constructor, una plaza, un parque infantil y una cancha deportiva. La ausencia de semáforos y señalización vertical, sumada a la velocidad de los vehículos y la escasa iluminación nocturna, incrementa el riesgo de accidentes. En 2024 se registraron accidentes en este punto, motivo por el cual fue incluido en el estudio.

Punto 25: Intersección Av. Julio Delio Echazú – Av. La Gamoneda

Se seleccionó por su cercanía al puente colgante y al hospital Obrero, donde el movimiento peatonal y vehicular se incrementa, especialmente en días de feria. La falta de semáforos, señales claras y el desgaste de las marcas viales facilitan la circulación a alta velocidad y maniobras riesgosas. Aunque existe una rotonda, la escasa señalización y la iluminación deficiente durante la noche aumentan el riesgo. Los accidentes registrados en 2024 motivaron su inclusión en el estudio.

Punto 26: Intersección C. Hugo Banzer – José M. Acha

Se consideró por su proximidad a la unidad educativa Juan XXIII, que genera un flujo constante de peatones, sobre todo en horarios escolares. La falta de semáforos y señales

verticales, sumada a la forma triangular del cruce, aumenta el riesgo de colisiones. Además, la iluminación nocturna es limitada, lo que eleva el peligro para peatones y conductores. Por estas condiciones, se decidió incluir este punto en el estudio.

Punto 27: Intersección C. José Antonio Larrea – C. Juan José García

Se eligió por el constante movimiento peatonal, especialmente en horarios de salida laboral, fines de semana y por la cercanía al parque infantil, una cancha deportiva y el local de eventos Los Pinos. La falta de semáforos, señalización vertical y una iluminación adecuada durante la noche incrementa el riesgo de accidentes, especialmente en los horarios de mayor afluencia. Por estas razones, se consideró necesario incluir este punto en el estudio.

Punto 28: Intersección Av. Romero – Av. Héroes del Chaco

Se seleccionó por ser un punto de conexión entre dos avenidas principales, con circulación vehicular constante. La ausencia de semáforos, señalización vertical y marcas viales visibles facilita maniobras imprudentes como giros sin precaución o frenadas bruscas. Esta situación se agrava por la escasa iluminación nocturna y la falta de regulación clara, lo que representa un riesgo para todos los usuarios.

Punto 29: Intersección Av. Panamericana – Av. Carlos Díaz Sossa

Se seleccionó por la circulación constante de personas y vehículos, debido a la proximidad de una estación de servicio, la cárcel pública y una parada interdepartamental. Aunque cuenta con semáforos y señalización vertical, las marcas viales están desgastadas y la iluminación nocturna es insuficiente. Estas condiciones, sumadas al exceso de velocidad y el incumplimiento de normas, incrementan el riesgo de incidentes. Además, la ciclovía ubicada sobre la jardinera central expone tanto a peatones como a ciclistas a situaciones peligrosas. En este punto se registraron accidentes en 2012 y 2024, lo que respalda su inclusión en el estudio.

Punto 30: Intersección Av. El Periodista – C. Julio La Faye San

Se consideró por la constante circulación de peatones y vehículos durante el día, especialmente en horarios escolares y laborales, debido a la cercanía de la unidad educativa San Jorge, un centro de salud, una cancha deportiva y diversos comercios. Esta intersección carece de semáforos y señalización vertical, y la iluminación nocturna

es limitada, lo que incrementa el riesgo para quienes transitan por él sector. En 2012 se registró un atropello con víctimas fatales en este cruce y su conexión con la Av. Panamericana, y en 2024 volvieron a ocurrir incidentes, aunque sin consecuencias graves. Por estas razones, se decidió incluir este punto en el estudio.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se mencionan las características generales de los puntos evaluados:

3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Tabla 3. 2 Características generales de los puntos evaluados en el estudio

Punto de estudio 1	Av. Panamericana - Av. Circunvalación
Ancho de las aceras	3 m a 4,20 m
Ancho de las calles	8,94 m a 12,80 m
Sentido de circulación	Doble vía en ambas avenidas, una en cada dirección.
Ciclovía	Ubicada en la jardinera de la Av. Panamericana, se extiende desde la intersección hasta la parada del norte.
Marcas viales	- Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Paso peatonal - Prohibición de estacionar - Ceda el paso - Rotonda - Ruta obligatoria para transporte pesado
Semáforos	- Presentes en la intersección
Infraestructura cercana	Centro de salud Guadalquivir. Estación de servicio Agrupa. Mástil en el centro de la rotonda.
Punto de estudio 2	Av. Tiguiipa - Calle El Rancho
Ancho de las aceras	3,47 m a 3,50 m
Ancho de las calles	6,15 m a 9,20 m
Sentido de circulación	Av. una sola vía con dos carriles, uno en cada dirección. Calle un solo carril de un solo sentido de circulación.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Rompe muelles - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales
Señales verticales	- No hay señales verticales
Semáforos	- No hay semáforos
Infraestructura cercana	Unidad educativa Hermann Gmeiner, que ocupa toda la cuadra en la Av. Tiguiipa.

Punto de estudio 3	Av. Froilán Tejerina - Calle Ernesto Trigo
Ancho de las aceras	3,50 m a 3,75 m
Ancho de las calles	6,50 m a 9,50 m
Sentido de circulación	Av. Froilán Tejerina: dos vías, una en cada dirección. Calle un solo carril de dos sentidos de circulación.
Marcas viales	- Rompe muelles - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- No hay señales verticales
Semáforos	- No hay semáforos
Infraestructura cercana	U.E. Eulogio Ruíz en la Av. Froilán Tejerina, ubicado en el carril de llegada viniendo desde la torre, frente a la calle Ernesto Trigo.
Condiciones de tránsito	Congestión vehicular y peatonal durante la salida de estudiantes, con tráfico de micros, banderitas, taxis y peatones, convirtiendo la intersección en un lugar peligroso en horas pico.
Punto de estudio 4	C. Cochabamba – C. Humberto Portocarrero
Ancho de las aceras	1,40 m a 2,60 m
Ancho de las calles	5,20 m a 11,30 m
Sentido de circulación	Calle Cochabamba: doble sentido de circulación. Calle Humberto Portocarrero: un solo sentido de circulación.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Rompe muelles - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- No girar a la izquierda - Ceda el paso - Límite de velocidad 10 km/h - Prohibido estacionar - Zona escolar - Rompe muelles
Semáforos	- No hay semáforos
Infraestructura cercana	Pasarela peatonal sobre la Av. Panamericana. U.E. nocturna José María Vélaz.
Condiciones de tránsito	Alto tráfico vehicular y peatonal en la intersección durante las horas pico, especialmente en horarios de entrada y salida de estudiantes, sin semáforos que regulen el tránsito, lo que aumenta el peligro en la zona.
Punto de estudio 5	Av. Panamericana - Av. Integración
Ancho de las aceras	3,15 m a 5,15 m
Ancho de las calles	9,12 m a 14,40 m

Sentido de circulación	Ambas avenidas son de una sola vía con dos carriles, uno en cada dirección.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Paso peatonal - Giro a la derecha solamente
Semáforos	- Presentes en la intersección
Condiciones de tránsito	Alto tráfico vehicular durante las horas pico, especialmente al mediodía y por la tarde, lo que convierte la intersección en un lugar peligroso para los peatones.
Punto de estudio 6	Av. Los Ceibos - Av. Julio Arce Castillo
Ancho de las aceras	2,50 m a 3,35 m
Ancho de las calles	6,70 m a 9,75 m
Sentido de circulación	Av. Los Ceibos: es de doble vía, una en cada dirección. Av. Julio Arce Castillo: una sola vía con dos carriles, uno en cada dirección.
Marcas viales	- Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- No hay señales verticales
Semáforos	- Presentes en la intersección
Infraestructura cercana	Centro de salud tabladita.
Condiciones de tránsito	Alto tráfico de personas durante el día, que se detienen para hacer compras, acceder al centro de salud, y esperar micros y banderitas, lo que convierte la intersección en un lugar peligroso para los peatones.
Punto de estudio 7	Calle Sevilla - Calle La Madrid
Ancho de las aceras	1,20 m a 1,72 m
Ancho de las calles	5,25 m a 12,80 m
Sentido de circulación	Calle Sevilla: un solo sentido de circulación. Calle La Madrid: un solo sentido de circulación.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Señal de circulación obligatoria hacia el puente San Martín.
Semáforos	- No hay semáforos
Infraestructura cercana	Plazuela Uriondo.
Condiciones de tránsito	Durante el día, especialmente por la tarde y noche, varias personas se congregan en este lugar, en la plaza, jóvenes en

	tránsito hacia el gimnasio del hotel Los Ceibos, personas que se dirigen a sus trabajos, entre otras actividades. La falta de semáforos convierte la intersección en un lugar peligroso para vehículos y peatones.
Punto de estudio 8	Calle Ballivián - Av. Domingo Paz
Ancho de las aceras	2,45 m a 2,95 m
Ancho de las calles	5,25 m a 6,50 m
Sentido de circulación	Calle Ballivián: un solo sentido de circulación. Av. Domingo Paz: es de doble vía, una en cada dirección.
Marcas viales	- Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Señal de pare
Semáforos	- No hay semáforos
Condiciones de tránsito	Alta afluencia de peatones durante todo el día debido a la cercanía de tiendas, el mercado, y una autoescuela. La ausencia de semáforos hace que la intersección sea peligrosa para vehículos y peatones.
Punto de estudio 9	Av. Mejillones - Calle Pando
Ancho de las aceras	1,75 m a 3,70 m
Ancho de las calles	6,00 m a 9,10 m
Sentido de circulación	Calle Pando: un solo sentido de circulación. Av. una sola vía con dos carriles, uno en cada dirección.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Prohibido estacionar - Paso peatonal - No estacionar en toda la cuadra
Semáforos	- No hay semáforos
Infraestructura cercana	Mercado Avaroa
Condiciones de tránsito	Alta afluencia de peatones durante el día de feria de ropa americana. La falta de semáforos y el estacionamiento en la avenida hacen que la intersección sea peligrosa para el tráfico vehicular y peatonal.
Punto de estudio 10	Calle General Trigo - Calle 15 de abril
Ancho de las aceras	1,00 m a 3,40 m
Ancho de las calles	5,27 m a 9,45 m
Sentido de circulación	Calle General Trigo: un solo sentido de circulación. Calle 15 de abril: un solo sentido de circulación.
Marcas viales	- Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales

	- Cordones de acera
Señales verticales	- No estacionar en toda la cuadra - Señales para bicicletas
Semáforos	- Hay semáforos en la intersección
Infraestructura cercana	Plaza principal Luis de Fuentes y Vargas. Alcaldía Municipal de Tarija. Gobierno Autónomo Departamental de Tarija.
Condiciones de tránsito	Alta afluencia de peatones y vehículos debido a la cercanía con la plaza principal y edificios gubernamentales. El tráfico se congestiona durante las horas pico, convirtiendo la intersección en un lugar peligroso, especialmente para personas en situación de vulnerabilidad.
Punto de estudio 11	Calle Sucre - Calle Alejandro del Carpio
Ancho de las aceras	0,78 m a 2,50 m
Ancho de las calles	6,00 m a 7,05 m
Sentido de circulación	Calle Sucre: un solo sentido de circulación. Calle Alejandro del Carpio: un solo sentido de circulación.
Marcas viales	- Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Prohibido estacionar - Señales para bicicletas
Semáforos	- Hay semáforo en la intersección
Infraestructura cercana	Empresa de telecomunicaciones Viva.
Condiciones de tránsito	Alta afluencia de peatones y vehículos, especialmente por la tarde y noche. El cruce puede ser peligroso a pesar de la presencia de semáforo, ya que algunos vehículos que vienen desde la Av. Víctor Paz Estensoro llegan a gran velocidad, frenando bruscamente o incluso se pasan el semáforo en rojo, creando riesgos para otros conductores y peatones.
Punto de estudio 12	Calle Daniel Campos - Calle Ayoroa
Ancho de las aceras	2,15 m a 2,30 m
Ancho de las calles	6,00 m a 7,03 m
Sentido de circulación	Calle Daniel Campos: un solo sentido de circulación. Calle Ayoroa: un solo sentido de circulación.
Marcas viales	- Rompe muelles - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales
Señales verticales	- No estacionar en toda la cuadra - Zona escolar - Parada de micros - Rompe muelles
Semáforos	- No hay semáforo en la intersección
Infraestructura cercana	Frente a la plaza Avaroa, U.E. José Manuel Ávila.

	Cancha deportiva junto a la plaza Avaroa.
Restricciones de circulación	Calle Daniel Campos se bloquea en la intersección durante horarios de entrada/salida escolar, evitando giros desde Ayoroa.
Condiciones de tránsito	Alto flujo de personas niños, jóvenes durante el día, riesgo elevado por falta de semáforos y visibilidad limitada en la subida de la calle Daniel Campos.
Punto de estudio 13	Calle Colón - Calle Virginio Lema
Ancho de las aceras	0,72 m a 1,70 m
Ancho de las calles	5,30 m a 8,50 m
Sentido de circulación	Calle Colón: un solo sentido de circulación. Calle Virginio Lema: un solo sentido de circulación.
Marcas viales	- Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera - Marca de prohibido estacionar
Señales verticales	- No estacionar - Parada de micros - Señales para bicicletas
Semáforos	- Hay semáforos en la intersección
Infraestructura cercana	Plazuela Sucre. Empresa de telecomunicaciones Tigo.
Condiciones de tránsito	Alta concentración de personas durante todo el día. El estacionamiento alrededor de la plaza reduce el espacio para circular, aumentando el riesgo de accidentes. Las aceras angostas en la Calle Colón hacen que sea especialmente peligroso para los peatones.
Punto de estudio 14	Av. Colón - Av. 11 de febrero
Ancho de las aceras	2,95 m a 3,47 m
Ancho de las calles	6,10 m a 7,37 m
Sentido de circulación	Ambas avenidas son de doble vía, una en cada dirección.
Marcas viales	- Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Prohibido girar en U
Semáforos	- No hay semáforos en la intersección
Condiciones de tránsito	Alto flujo de personas durante el día. La falta de semáforos aumenta el riesgo de accidentes y atropellos a peatones.
Punto de estudio 15	Calle Suipacha - Calle Santa María
Ancho de las aceras	3,00 m a 3,90 m
Ancho de las calles	10,15 m a 13,80 m
Sentido de circulación	Calle Suipacha: una sola vía con dos carriles, uno en cada dirección.

	Calle Santa María: una sola vía con dos carriles, uno en cada dirección.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Rompe muelles - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Velocidad máxima de 10 km/h - Zona escolar - Rompe muelles
Semáforos	- No hay semáforos en la intersección
Infraestructura cercana	Plaza Lourdes. Frente a la plaza, en toda la cuadra de la intersección, se encuentra la U.E. Lourdes.
Condiciones de tránsito	Alta afluencia de peatones, especialmente estudiantes y visitantes de la plaza y tiendas, durante todo el día. La falta de semáforos y la escasa iluminación nocturna aumentan el riesgo tanto para vehículos como para peatones, particularmente en la noche.
Punto de estudio 16	Av. Los Callejones - Av. Dr. Ángel Baldiviezo
Ancho de las aceras	2,10 m a 2,85 m
Ancho de las calles	6,20 m a 10,45 m
Sentido de circulación	Av. Los Callejones: una sola vía con un solo carril de circulación. Av. Ángel Baldiviezo: es de doble vía, una en cada dirección.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Límite de velocidad: 10 y 40 km/h - Zona escolar - Paso peatonal
Semáforos	- No hay semáforos en la intersección
Infraestructura cercana	Instituto Técnico Domingo Savio y Simón Bolívar. Autoescuela Indianapolis. Gruta virgen de Chaguaya y el puente Peregrino.
Condiciones de tránsito	Alto flujo de personas durante el día, especialmente en horarios de entrada y salida de los institutos. El cruce es peligroso por la falta de semáforos y el tráfico rápido en las avenidas, lo que aumenta el riesgo de accidentes, especialmente durante la noche.
Punto de estudio 17	Calle Isaac Attie - Av. Víctor Paz Estensoro
Ancho de las aceras	1,75 m a 4,00 m
Ancho de las calles	6,00 m a 9,10 m

Sentido de circulación	Calle Isaac Attie: un solo sentido de circulación. Av. una sola vía con dos carriles, uno en cada dirección.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera - Marca de prohibido estacionar
Señales verticales	- Zona escolar - Prohibición de girar a la izquierda - Ceda el paso - Prohibición de girar a la derecha - Velocidad máxima de 40 km/h
Semáforos	- Si hay semáforos en la intersección
Infraestructura cercana	Unidad educativa Tarija.
Condiciones de tránsito	Alta frecuencia de peatones, especialmente niños y jóvenes, durante horarios de entrada y salida de la unidad educativa; tránsito peligroso debido a vehículos que no respetan señales y circulan a alta velocidad.
Punto de estudio 18	Calle Méndez - Calle Cochabamba
Ancho de las aceras	1,75 m a 2,25 m
Ancho de las calles	5,97 m a 7,90 m
Sentido de circulación	Calle Méndez: un solo sentido de circulación. Calle Cochabamba: doble sentido de circulación.
Marcas viales	- Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Prohibido estacionar - Señal informativa de hospital
Semáforos	- Si hay semáforos en la intersección
Condiciones de tránsito	Alta frecuencia de peatones durante todo el día debido a la presencia de establecimientos comerciales y servicios; tránsito peligroso por estacionamiento en la calle Cochabamba y vehículos que no respetan señales de tránsito.
Riesgos y peligros	Peligrosidad del cruce por estacionamiento en la calle Cochabamba, alta velocidad de algunos vehículos, y el doble sentido de circulación que inicia en la intersección de la calle Cochabamba, dificulta la circulación y aumenta el riesgo de accidentes.
Punto de estudio 19	Calle Santa Cruz - Av. Humberto Arce
Ancho de las aceras	2,30 m a 3,45 m
Ancho de las calles	4,80 m a 7,30 m
Sentido de circulación	Calle Santa Cruz: doble sentido de circulación. Av. una sola vía con dos carriles, uno en cada dirección.
Marcas viales	- Flechas

	- Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Ceda el paso - Paso peatonal - Señal informativa de hospital
Semáforos	- No hay semáforos en la intersección
Condiciones de tránsito	Alta frecuencia de peatones durante todo el día; personas se dirigen a sus trabajos, hogares, a la cancha deportiva o al hospital.
Riesgos y peligros	Peligrosidad del cruce por la ausencia de semáforos, vehículos que descienden a gran velocidad, riesgo al cruzar el puente angosto y poca iluminación en el lugar durante la noche, aumentando el riesgo de accidentes.
Punto de estudio 20	Calle O'Connor - Calle Bolívar
Ancho de las aceras	2,35 m a 3,05 m
Ancho de las calles	6,95 m a 10,65 m
Sentido de circulación	Calle O'Connor: un solo sentido de circulación. Calle Bolívar: un solo sentido de circulación.
Marcas viales	- Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Prohibido estacionar en toda la cuadra - Señal informativa de hospital
Semáforos	- Si hay semáforos en la intersección
Infraestructura cercana	Parque Bolívar
Condiciones de tránsito	Alta frecuencia de peatones durante todo el día debido a la presencia del parque, puntos de venta, servicios y restaurantes.
Riesgos y peligros	Peligrosidad del cruce por estacionamiento en ambas calles, lo que reduce el espacio para circular; algunos conductores ignoran el semáforo en rojo, aumentando el riesgo de accidentes o atropellos.
Punto de estudio 21	Av. Néstor Paz - Calle Antonio Borda
Ancho de las aceras	3,45 m a 4,30 m
Ancho de las calles	7,60 m a 11,57 m
Sentido de circulación	Av. una sola vía con dos carriles, uno en cada dirección. Calle Antonio Borda: doble sentido de circulación.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Rompe muelles - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Prohibido estacionar en toda la cuadra - Señal informativa de hospital

Semáforos	- No hay semáforos en la intersección
Infraestructura cercana	U.E. Octavio Campero Echazú.
Condiciones de tránsito	Alta frecuencia de peatones, especialmente niños y jóvenes, en horarios de entrada y salida de la unidad educativa, y durante el día por la tarde y noche.
Riesgos y peligros	Peligrosidad del cruce debido a la falta de semáforos, vehículos que transitan a gran velocidad, especialmente por la avenida; escasa iluminación nocturna, lo que aumenta el riesgo de accidentes y atropellos, especialmente por la noche.
Punto de estudio 22	Calle Padilla - Av. Belgrano
Ancho de las aceras	1,15 m a 2,50 m
Ancho de las calles	6,85 m a 10,60 m
Sentido de circulación	Calle Padilla: doble sentido de circulación. Av. una sola vía, con un solo sentido de circulación.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Señal vertical de pare
Semáforos	- No hay semáforos en la intersección
Condiciones de tránsito	Tránsito de peatones durante el día, especialmente personas que van a trabajar, tiendas o la parroquia los fines de semana.
Riesgos y peligros	El cruce es peligroso debido a la falta de semáforos y el estacionamiento de vehículos que reduce el espacio de circulación, especialmente en la calle Padilla, que permite tráfico en ambas direcciones, lo que incrementa el riesgo para conductores y peatones.
Punto de estudio 23	Av. La Paz - Calle Oruro
Ancho de las aceras	2,25 m a 2,95 m
Ancho de las calles	7,00 m a 12,00 m
Sentido de circulación	Av. una sola vía con dos carriles, uno en cada dirección. Calle Oruro: un solo sentido de circulación.
Marcas viales	- Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Señal vertical de pare - Parada de micros
Semáforos	- No hay semáforos en la intersección
Restricciones de circulación	Los vehículos solo pueden girar en las direcciones permitidas por la calle y la av. Durante la feria de ropa americana, no pueden continuar recto por la calle Oruro debido al congestionamiento y solo pueden girar a la izquierda o derecha sobre la Av. La Paz.

Condiciones de tránsito	Tránsito de peatones durante todo el día, especialmente por la tarde y noche, con personas que se dirigen a sus trabajos, tiendas, peluquerías, sindicato, parque, etc.
Riesgos y peligros	El cruce es peligroso debido a la falta de semáforos y el estacionamiento de vehículos en la calle Oruro y Av. La Paz, sobre todo durante la feria, lo que reduce el espacio de circulación y aumenta el riesgo para vehículos y peatones.
Punto de estudio 24	Av. Sanandita - Av. Aguayrenda
Ancho de las aceras	3,40 m a 3,50 m
Ancho de las calles	9,06 m a 9,20 m
Sentido de circulación	Ambas avenidas son de una sola vía con dos carriles, uno en cada dirección.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- No hay señales verticales
Semáforos	- No hay semáforos en la intersección
Infraestructura cercana	Centro de salud El Constructor Plaza Biosaludable Cancha deportiva y un parque
Condiciones de tránsito	Tránsito constante de personas durante todo el día, incluyendo personas que van al centro de salud, jóvenes que van a la cancha, visitantes de la plaza, niños que van al parque, entre otras actividades.
Riesgos y peligros	El cruce es peligroso debido a la falta de semáforos y señales verticales. Los vehículos llegan a gran velocidad, frenan bruscamente o giran sin precaución lo que aumenta el riesgo de accidentes, especialmente por la noche debido a la escasa iluminación.
Punto de estudio 25	Av. Julio Delio Echazú - Av. La Gamoneda
Ancho de las aceras	2,77 m a 5,00 m
Ancho de las calles	Av. Julio Delio Echazú: calle más estrecha: 7,00 m; calle más amplia: 11,85 m. Av. La Gamoneda: calle más estrecha: 7,20 m ancho del puente; calle más amplia: 10,00 m.
Ancho de áreas verdes	Varía entre 3,00 m y 3,90 m.
Sentido de circulación	Av. Julio Delio Echazú: es de doble vía, una en cada dirección. Av. La Gamoneda: una sola vía con dos carriles, uno en cada dirección.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Rompe muelles - Flechas - Líneas de detención

	- Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Paso peatonal
Semáforos	- No hay semáforos en la intersección
Infraestructura cercana	Puente colgante sobre la quebrada El Monte conecta las avenidas La Gamoneda y Potosí.
Riesgos y peligros	Cruce peligroso por falta de semáforos y señales verticales. Los vehículos llegan a gran velocidad, frenan bruscamente o giran sin precaución causando accidentes, especialmente entre motocicletas y automóviles. La escasa iluminación nocturna aumenta el riesgo de accidentes.
Punto de estudio 26	Calle Hugo Banzer - Calle José M. Acha
Ancho de las aceras	1,78 m a 2,70 m
Ancho de las calles	7,30 m a 8,95 m
Sentido de circulación	Calle Hugo Banzer: doble sentido de circulación. Calle José M. Acha: doble sentido de circulación.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Rompe muelles - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Zona escolar
Semáforos	- No hay semáforos en la intersección
Infraestructura cercana	Unidad educativa Juan XXIII
Condiciones de tránsito	Tránsito intenso de peatones, especialmente en horarios de entrada y salida del colegio, así como por la tarde. Tránsito de niños, jóvenes, padres de familia y personas que realizan compras en tiendas cercanas.
Riesgos y peligros	Cruce peligroso por la falta de semáforos, especialmente en una zona escolar. La forma triangular de la intersección aumenta el riesgo de colisiones. Escasa iluminación nocturna que aumenta el riesgo de accidentes.
Punto de estudio 27	C. José Antonio Larrea – C. Juan José García
Ancho de las aceras	2,20 m a 2,50 m
Ancho de las calles	6,00 m a 7,90 m
Sentido de circulación	Ambas calles son de doble sentido de circulación.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Rompe muelles - Flechas - Líneas de detención - Cordones de acera
Señales verticales	- No hay señales verticales
Semáforos	- No hay semáforos en la intersección
Infraestructura cercana	Local de eventos Los Pinos. Parque Biosaludable distrito 10.

Condiciones de tránsito	Tránsito peatonal significativo durante la mañana, tarde y noche, especialmente en horarios de salida y regreso del trabajo y durante los fines de semana. Personas acuden al parque o esperan el transporte público.
Riesgos y peligros	Cruce peligroso por la falta de semáforos y señales verticales, junto con la escasa iluminación nocturna. Riesgo elevado para peatones, especialmente en la noche y durante los fines de semana cuando hay mayor tránsito de personas y vehículos.
Punto de estudio 28	Av. Romero - Av. Héroes del Chaco
Ancho de las aceras	2,20 m a 2,95 m
Ancho de las calles	Av. Romero: carril de bajada 6,85 m y 6,95 m; carril de subida 7,00 m y 7,03 m. Av. Héroes del Chaco: 6,00 m dirección desde Av. Font, 14,12 m dirección opuesta.
Ancho de áreas verdes	Varía entre 1,97 m y 2,00 m.
Sentido de circulación	Av. Romero: es de doble vía, una en cada dirección. Av. Héroes del Chaco: dos vías desde la Av. Font, una vía con circulación en ambas direcciones desde el puente de la quebrada San Pedro.
Marcas viales	- Líneas de separación de carril - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Señal de pare
Semáforos	- No hay semáforos en la intersección
Riesgos y peligros	Intersección peligrosa por la falta de semáforos y señales verticales. Alta velocidad de vehículos, frenadas bruscas, giros sin precaución, accidentes frecuentes, especialmente entre motocicletas y automóviles. Escasa iluminación nocturna, lo que aumenta el riesgo de accidentes o atropellos.
Punto de estudio 29	Av. Panamericana - Av. Cnl. Carlos Díaz Sossa
Ancho de las aceras	2,05 m a 2,80 m
Ancho de las calles	Av. Panamericana: 8,85 m y 9,15 m llegando de la rotonda aeropuerto, 11,90 m y 12,00 m llegando de la nueva terminal. Av. Cnl. Carlos Díaz Sossa: 8,40 m y 9,50 m dirección cárcel pública, 17,00 m dirección opuesta.
Ancho de áreas verdes	Varía entre 6,10 m Av. Cnl. Carlos Díaz Sossa y 13,75 m Av. Panamericana.
Ancho de la ciclovía	Varía entre 2,97 m y 3,10 m, ubicada en el medio del área verde de la Av. Panamericana.
Sentido de circulación	Av. Panamericana: tres vías (una de ida, una de vuelta y una tercera con circulación en ambos sentidos). Av. Carlos Díaz Sossa: dos vías, una en cada dirección.
Marcas viales	- Rompe muelles - Líneas de detención

	- Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- Señal de ciclovía - Rotonda - Ruta obligatoria para transporte pesado
Semáforos	- Si hay semáforos en la intersección
Condiciones de tránsito	Tráfico vehicular constante durante todo el día, especialmente hacia la parada del chaco, la nueva terminal y otros destinos. Tránsito peatonal para esperar transporte, realizar compras, visitas a la cárcel pública, uso de la ciclovía.
Punto de estudio 30	Av. El Periodista - Calle Julio La Faye San
Ancho de las aceras	Varía entre 2,50 m a 2,65 m
Ancho de las calles	Varía entre 7,00 m más estrecha y 7,55 m más amplia.
Sentido de circulación	La avenida es de doble vía, una en cada dirección. La calle de una sola vía con circulación en ambos sentidos.
Marcas viales	- Rompe muelles - Flechas - Líneas de detención - Pasos peatonales - Cordones de acera
Señales verticales	- No hay señales verticales
Semáforos	- No hay semáforos en la intersección
Infraestructura cercana	Empresa Metales del Oriente S.R.L. Posta de salud San Jorge Unidad educativa San Jorge
Condiciones de tránsito	El tránsito es intenso durante todo el día, especialmente en las horas de entrada y salida del colegio, personas que se dirigen al centro de salud, a sus trabajos, entre otras actividades. Este flujo constante de peatones y vehículos incrementa la densidad del tráfico en la intersección.
Riesgos y peligros	Esta intersección es peligrosa debido a la falta de semáforos y señales verticales, lo que es especialmente preocupante por la proximidad del colegio. La escasa iluminación nocturna aumenta aún más el riesgo de accidentes o atropellos.

Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Descripción general del área de estudio

A continuación, se detallan los principales aspectos observados en los puntos evaluados:

- **Aceras:** Se identificaron variaciones en su ancho, desde 0,72 m en las más estrechas hasta 5,15 m en las más amplias, lo que influye en la accesibilidad peatonal y la distribución del espacio vial.

Figura 3.3 Proceso de medición del ancho de las aceras



Fuente: Elaboración propia

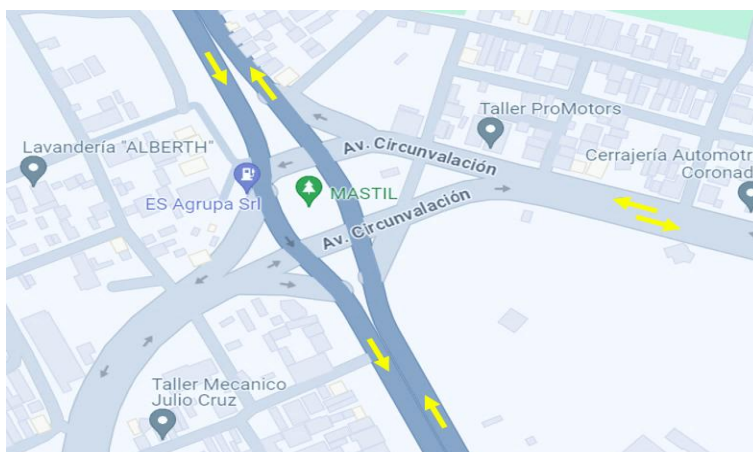
- **Calles y avenidas:** Las calles presentan un ancho variable, entre 4,80 m y 22,30 m, con circulación en un solo sentido o doble vía, mientras que las avenidas son de doble vía con circulación en ambos sentidos.

Figura 3.4 Proceso de medición del ancho de las calles



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5 Distribución de direcciones y sentidos de circulación vehicular



Fuente: Elaboración propia – Google Maps

- **Áreas verdes:** Funcionan como separadores de carriles en algunas avenidas y presentan anchos entre 2,00 m y 13,75 m, lo que aporta tanto a la seguridad como a la organización del tránsito.

Figura 3. 6 Medición del ancho de las áreas verdes en las avenidas



Fuente: Elaboración propia

- **Demarcación vial:** Se observa una predominancia de los colores blanco y amarillo, donde:
 - o Las señales horizontales como pasos peatonales, líneas de detención y flechas direccionales son de color blanco.
 - o Las líneas de separación de carriles, marcas de prohibición de estacionamiento, bordes de áreas verdes y cordones de acera son de color amarillo.
 - o Los reductores de velocidad combinan ambos colores para mejorar su visibilidad.

Figura 3. 7 Distribución y aplicación de colores en las demarcaciones viales



Fuente: Elaboración propia

- **Señalización vertical:** De los 30 puntos evaluados, 23 cuentan con señales verticales que orientan a conductores y peatones, mientras que 7 intersecciones carecen de ellas, lo que puede generar confusión en la circulación y aumentar el riesgo de incidentes viales.

Figura 3. 8 Señales verticales en los puntos de estudio



Fuente: Elaboración propia

- **Semaforización:** Solo 10 intersecciones disponen de semáforos para la regulación del tráfico, mientras que 20 carecen de estos dispositivos, lo que puede afectar la organización del flujo vehicular y la seguridad de los usuarios.

Figura 3. 9 Presencia de semáforos en las intersecciones evaluadas



Fuente: Elaboración propia

- **Infraestructura circundante:** Los puntos de estudio están ubicados en proximidad a diversos espacios de interés como estaciones de servicio, mercados, locales comerciales, restaurantes, centros educativos, librerías, farmacias, centros de salud, clínicas, iglesias, plazas, parques, canchas deportivas, pasarelas peatonales y puentes. La presencia de estas infraestructuras influye en la dinámica del tránsito y refuerza la necesidad de una señalización vial eficiente para garantizar la seguridad y orientación de los usuarios.

3.3 MEDICIONES DE CAMPO SOBRE LA DEMARCACIÓN VIAL

Se realizaron mediciones detalladas de todas las marcas viales presentes en cada punto evaluado. Para cada una se registraron su largo y ancho, y en el caso de los cordones de acera, también se midió la altura. A continuación, se detalla el procedimiento aplicado.

3.3.1 Procedimiento para la medición de la demarcación vial

a. Líneas de separación de carriles

- Se midieron el ancho y la longitud de cada línea, aplicando el mismo procedimiento para líneas dobles paralelas.
- Las mediciones iniciaron desde el punto donde comienza la demarcación en la intersección, generalmente desde la línea de detención, hasta su punto final donde la señalización se une o continúa en otra vía.

Figura 3. 10 Proceso de medición de las líneas de separación de carriles



Fuente: Elaboración propia

b. Resaltos o rompe muelles

- Se registraron el ancho y el largo del resalto, así como el ancho de la franja que lo delimita.

- Además, se midió la longitud de los lados paralelos y el ancho de las franjas inclinadas sobre el resalto.

Figura 3. 11 Medición de resaltos o reductores de velocidad



Fuente: Elaboración propia

c. Flechas direccionales

- Se midió la longitud total de cada flecha, incluyendo la sección recta y la parte curva.
- Se determinó la altura de la parte curva, midiendo la distancia vertical desde la base recta hasta su punto más alto.

Figura 3. 12 Medición de flechas direccionales



Fuente: Elaboración propia

d. Líneas de detención o de pare

- Se midieron el largo y el ancho de cada línea, considerando su disposición rectangular.

Figura 3. 13 Medición de líneas de detención



Fuente: Elaboración propia

e. Pasos peatonales o cruces de cebra

- Se midió la longitud y el ancho de cada franja del paso peatonal, incluyendo la primera y la última, para verificar la uniformidad de las dimensiones.

Figura 3. 14 Medición de franjas en pasos peatonales

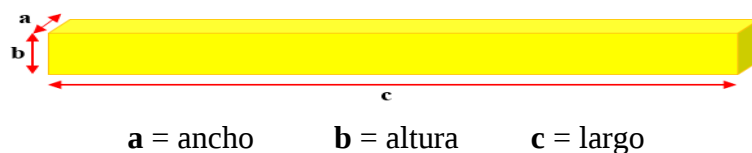


Fuente: Elaboración propia

f. Cordones de aceras y áreas verdes

- Se registraron la longitud, el ancho y la altura de los cordones de acera y áreas verdes, abarcando tanto tramos rectos como curvos.

Figura 3. 15 Medición de dimensiones en cordones de aceras y áreas verdes



Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Resultados de las mediciones de campo sobre las demarcaciones viales

A continuación, se presentan las dimensiones obtenidas en campo para el punto 1 y 2. Las dimensiones correspondientes a los demás puntos evaluados se incluyen en el **Anexo D**.

Tabla 3. 3 Dimensiones de las marcas viales del punto de estudio uno y dos

Punto de estudio 1		Largo	Ancho	Altura	Total	Pintura
Av. Panamericana - Av. Circunvalación		(m)	(m)	(m)	(franjas)	(color)
Tipo de demarcación vial	Total					
Línea de detención	1	9,35	0,41			Blanca
	2	9,90	0,40			
	3	9,05	0,40			
	4	11,60	0,41			
	5	14,25	0,39			
	6	8,20	0,40			
Tipo de demarcación vial	Total					
Paso peatonal	1	4,05	0,40		10	Blanca
	2	3,00	0,41		11	
	3	3,05	0,38		14	
	4	4,05	0,41		13	
	5	4,00	0,41		15	
	6	4,00	0,40		11	
Tipo de demarcación vial	Total					
Cordón de acera	1	30,30	0,12	0,16		Amarilla
	2	51,35	0,08	0,16		
	3	60,53	0,10	0,16		

	4	11,15	0,09	0,14		
	5	20,62	0,10	0,14		
	6	29,85	0,10	0,17		
	7	55,82	0,09	0,18		
	8	17,30	0,09	0,20		

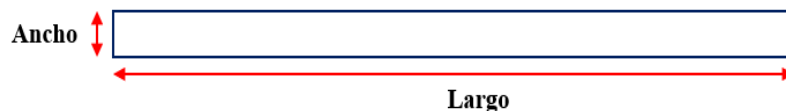
Punto de estudio 2		Largo	Ancho	Altura	Total	Pintura
Av. Tiguipa - Calle El Rancho		(m)	(m)	(m)	(franjas)	(color)
Tipo de demarcación vial	Total					
Líneas de separación de carriles	1	70,07	0,09			Amarilla
	2	72,46	0,11			
Tipo de demarcación vial	Total					
Línea de detención	1	2,81	0,40			Blanca
	2	4,40	0,40			
	3	3,95	0,40			
Tipo de demarcación vial	Total					
Paso peatonal	1	3,00	0,39		7	Blanca
	2	3,00	0,40		11	

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Cálculo de áreas de las demarcaciones viales

1. Línea de detención

Largo = 9,35 m; Ancho = 0,41 m



$$A = base * altura = 9,35 m * 0,41 m$$

$$A = 3,83 m^2$$

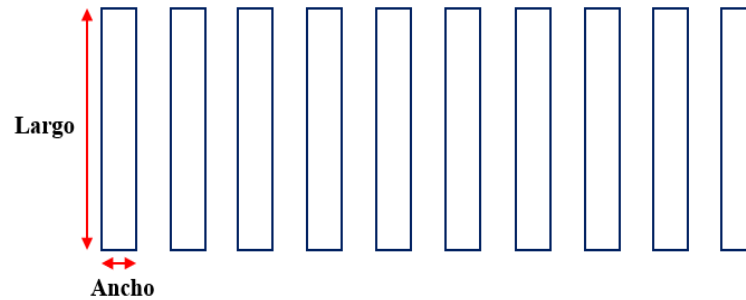
Cuadro 3. 2 Áreas de las demarcaciones de líneas de detención

Línea de detención	Área parcial	Área total	Demarcación
Total	(m ²)	(m ²)	(color)
1	3,83	25,01	Blanca
2	3,96		
3	3,62		
4	4,76		
5	5,56		
6	3,28		

Fuente: Elaboración propia

2. Paso peatonal

Largo = 4,05 m; Ancho = 0,40 m; Total = 10 franjas



$$A = (base * altura) * total$$

$$A = (4,05 m * 0,40 m) * 10$$

$$A = 16,20 m^2$$

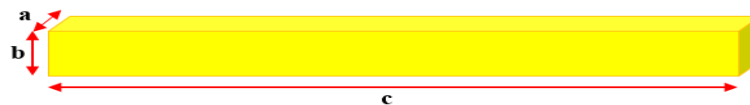
Cuadro 3.3 Áreas de las demarcaciones de pasos peatonales

Paso peatonal	Área parcial (m ²)	Área total (m ²)	Demarcación (color)
Total	(m ²)	(m ²)	(color)
1	16,20	109,74	Blanca
2	13,53		
3	16,23		
4	21,59		
5	24,60		
6	17,60		

Fuente: Elaboración propia

3. Cordón de acera

a = ancho = 0,12 m; **b** = altura = 0,16 m; **c** = largo = 30,30 m



$$A = (base * ancho) + (base * altura)$$

$$A = (30,30 m * 0,12 m) + (30,30 m * 0,16 m)$$

$$A = 8,48 m^2$$

Cuadro 3.4 Áreas de los cordones de acera y de áreas verdes

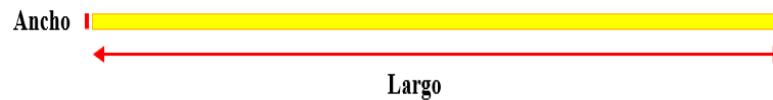
Cordón de acera	Área parcial (m ²)	Área total (m ²)	Demarcación (color)
Total	(m ²)	(m ²)	(color)
1	8,48	72,21	Amarilla
2	12,32		

3	15,74		
4	2,56		
5	4,95		
6	8,06		
7	15,07		
8	5,02		

Fuente: Elaboración propia

4. Línea de separación de carril

Largo = 70,07 m; Ancho = 0,09 m



$$A = base * altura$$

$$A = 70,07 m * 0,09 m$$

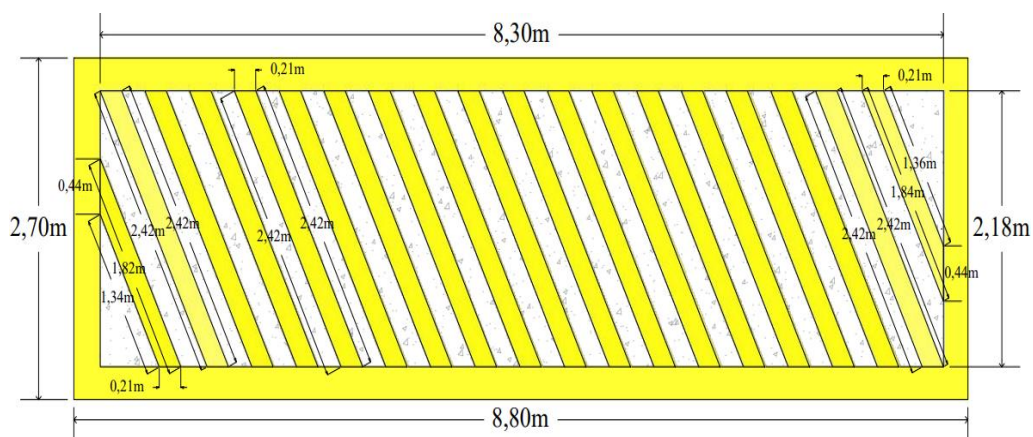
$$A = 6,31 m^2$$

Cuadro 3. 5 Áreas de las líneas de separación de carriles

Línea de carril	Área parcial (m ²)	Área total (m ²)	Demarcación (color)
Total	(m ²)	(m ²)	(color)
1	6,31	14,28	Amarilla
2	7,97		

Fuente: Elaboración propia

5. Rompe muelle o resalto



Fuente: Elaboración propia

Área de:

$$A_1 = 2 * (base * altura) + 2 * (base * altura)$$

$$A_1 = 2 * (8,30 \text{ m} * 0,26 \text{ m}) + 2 * (2,70 \text{ m} * 0,26 \text{ m})$$

$$A_1 = 5,72 \text{ m}^2$$

Área de: 

$$A_2 = (base * altura) * total$$

$$A_2 = (2,42 \text{ m} * 0,19 \text{ m}) * 17$$

$$A_2 = 7,82 \text{ m}^2$$

Área de: 

$$A_3 = 2 * \left(\frac{base * altura}{2} \right)$$

$$A_3 = 2 * \left(\frac{0,21 \text{ m} * 0,44 \text{ m}}{2} \right)$$

$$A_3 = 0,09 \text{ m}^2$$

Área de: 

$$A_4 = base * altura$$

$$A_4 = 1,34 \text{ m} * 0,19 \text{ m}$$

$$A_4 = 0,25 \text{ m}^2$$

Área de: 

$$A_5 = base * altura$$

$$A_5 = 1,36 \text{ m} * 0,19 \text{ m}$$

$$A_5 = 0,26 \text{ m}^2$$

Área total del resalto:

$$A_{total} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

$$A_{total} = 5,72 \text{ m}^2 + 7,82 \text{ m}^2 + 0,09 \text{ m}^2 + 0,25 \text{ m}^2 + 0,26 \text{ m}^2$$

$$A_{total} = 14,14 \text{ m}^2$$

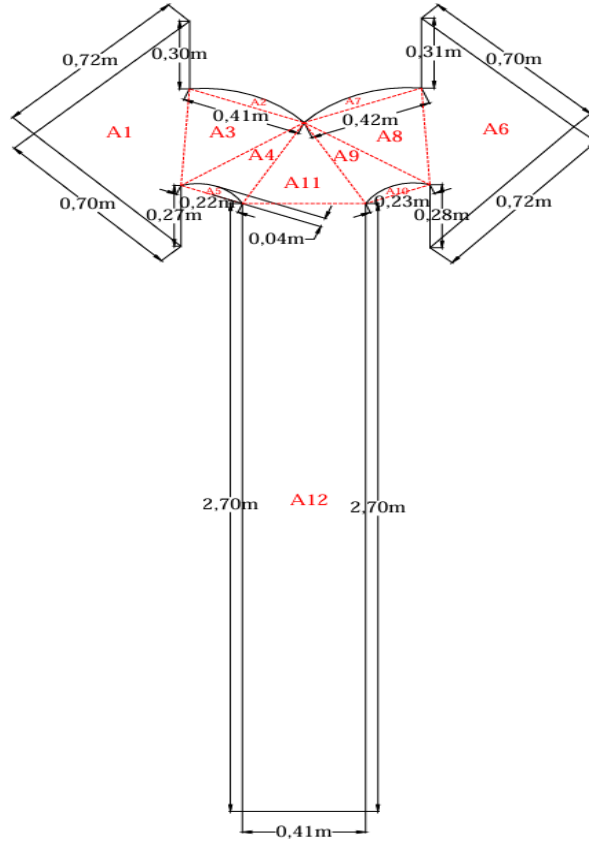
Cuadro 3. 6 Áreas de los rompe muelles o resaltos

Resaltos	Área parcial	Área total	Demarcación
Total	(m ²)	(m ²)	(color)
1	14,14	27,01	Amarilla
2	12,87		

Fuente: Elaboración propia

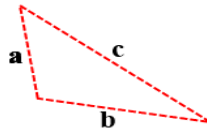
6. Flecha direccional

Este cálculo se presenta de forma resumida; el desarrollo completo se encuentra en el **Anexo D**.



Fuente: Elaboración propia

a. Fórmula de Herón:



$$A = \sqrt{s * (s - a) * (s - b) * (s - c)}$$

$$s = \frac{a + b + c}{2}$$

Donde:

A = Área del triángulo (m^2).

a, b, c = Longitudes de los lados del triángulo (m).

s = Semiperímetro (m).

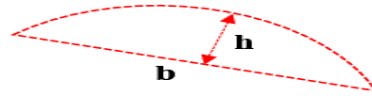
Cálculo del área A1:

$$s = \frac{0,72 \text{ m} + 1,00 \text{ m} + 0,70 \text{ m}}{2} = 1,210 \text{ m}^2$$

$$A_1 = \sqrt{1,210 \text{ m} * (1,210 \text{ m} - 0,72 \text{ m}) * (1,210 \text{ m} - 1,00 \text{ m}) * (1,210 \text{ m} - 0,70 \text{ m})}$$

$$A_1 = 0,252 \text{ m}^2$$

b. Fórmula de un segmento circular:



$$A_{\text{segmento}} = \frac{h}{2} * \left(b + \sqrt{b^2 + 4 * h^2} \right)$$

Donde:

A_{segmento} = Área de un segmento o sector circular (m^2).

b = Longitud de la cuerda (m).

h = Altura del segmento circular (m).

Cálculo del área A2:

$$A_2 = \frac{0,04 \text{ m}}{2} * \left(0,41 \text{ m} + \sqrt{0,41^2 \text{ m} + 4 * 0,04^2 \text{ m}} \right)$$

$$A_2 = 0,017 \text{ m}^2$$

Área total de la flecha direccional:

$$A_{\text{total}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 - A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 - A_{10} + A_{11} + A_{12}$$

$$A_{\text{total}} = 0,252 \text{ m}^2 + 0,017 \text{ m}^2 + 0,084 \text{ m}^2 + 0,044 \text{ m}^2 - 0,009 \text{ m}^2 + 0,252 \text{ m}^2 + 0,017 \text{ m}^2 \\ + 0,086 \text{ m}^2 + 0,047 \text{ m}^2 - 0,009 \text{ m}^2 + 0,073 \text{ m}^2 + 1,107 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{total}} = 1,961 \text{ m}^2$$

Cuadro 3. 7 Áreas de las flechas direccionales

Flechas	Área parcial	Área total	Demarcación
Total	(m^2)	(m^2)	(color)
1	1,961	5,03	Blanca
2	1,359		
3	1,705		

Fuente: Elaboración propia

3.4 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE PINTURA DE LA DEMARCACIÓN

Metodología aplicada: Norma ASTM E1729 – Práctica estándar para la recolección de muestras de pintura seca en campo para su posterior análisis

Para recolectar las muestras de pintura directamente desde las marcas viales en calles urbanas de Tarija, se aplicó un método basado en la norma ASTM E1729, que establece una metodología estándar para la extracción manual de recubrimientos secos adheridos al pavimento. Esta técnica fue adaptada a las condiciones reales de trabajo en campo, permitiendo obtener muestras representativas sin alterar sus características.

Debido a que la pintura se encuentra firmemente adherida al pavimento, se aplicó un método de extracción destructiva, mediante el uso de herramientas manuales para desprender pequeños fragmentos del recubrimiento. En cada intersección se tomaron tres muestras por cada tipo de marca vial presente, asegurando una cantidad adecuada y representativa para su análisis posterior en laboratorio.

a. Herramientas y materiales utilizados

Las herramientas fueron manuales y apropiadas para extraer las muestras sin alterar las condiciones originales del recubrimiento:

- **Formón metálico (3/4”):** Para desprender los fragmentos directamente desde la superficie.
- **Martillo de construcción:** Para golpear el formón con golpes controlados.
- **Brocha de cerdas plásticas (3”):** Para limpiar la marca antes de la extracción.
- **Guantes de trabajo:** Para proteger las manos durante el procedimiento.
- **Lijas finas:** Para retirar restos de asfalto sin afectar la integridad de la pintura.
- **Bolsas plásticas (pequeñas y grandes):** Para almacenar las muestras de forma separada y organizada por punto de estudio.
- **Cinta adhesiva y marcador:** Para etiquetar cada muestra con el tipo de marca vial y el número de intersección correspondiente.

b. Procedimiento de extracción

El proceso se desarrolló en los siguientes pasos:

1. Limpieza de la superficie

Se limpió cada marca con una brocha para eliminar polvo y suciedad antes de la extracción.

2. Extracción del recubrimiento

Se marcó un área definida sobre la marca (cuadrada o rectangular) y se desprendieron fragmentos aplicando golpes controlados con el formón y el martillo.

3. Lijado y selección

A las muestras con restos de asfalto se les realizó un lijado cuidadoso, retirando únicamente el material externo sin dañar la pintura.

4. Etiquetado y almacenamiento

Cada muestra se guardó en una bolsa pequeña identificada con el tipo de marca vial. Las muestras recolectadas en una misma intersección se agruparon en una bolsa grande con el número del punto de estudio.

Este procedimiento aseguró una correcta identificación y conservación de todas las muestras hasta su análisis en laboratorio.

Aplicación en campo

El método se aplicó en los 30 puntos de estudio, extrayendo muestras de todas las marcas viales presentes. En total, se recolectaron 444 muestras de pintura, las cuales fueron analizadas en laboratorio para determinar su espesor, volumen y peso volumétrico, como parte de la evaluación de sus propiedades visuales.

Figura 3. 16 Etiquetado de bolsas para identificación de muestras



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 17 Limpieza de la superficie de las demarcaciones viales



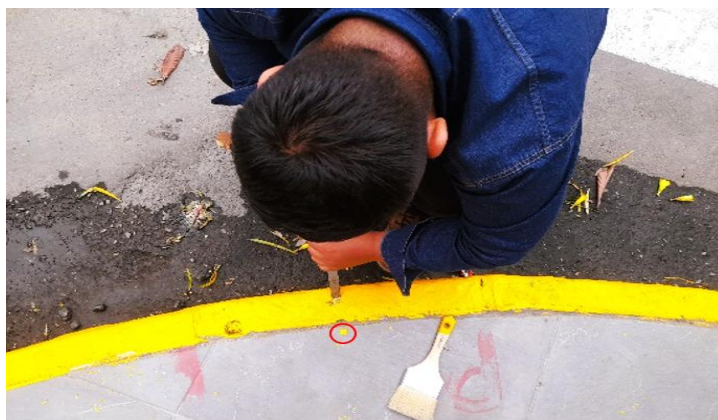
Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 18 Extracción de muestras de pintura en demarcaciones viales

Líneas de separación de carril y resaltos



Cordones de acera y áreas verdes



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 19 Lijado, selección y almacenamiento de muestras de pintura



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 20 Resguardo de las muestras de pintura seleccionadas



Fuente: Elaboración propia

3.5 MEDICIONES DE LAS MUESTRAS DE PINTURA EN LABORATORIO

Metodología aplicada: Norma ASTM D1005 – Método de prueba estándar para la medición del espesor de película seca de recubrimientos utilizando micrómetros

Las muestras de pintura recolectadas en campo fueron llevadas al Laboratorio de Física de la Universidad para determinar su espesor y peso. Para la medición del espesor se aplicó el Procedimiento D de la norma ASTM D1005, que establece el uso de micrómetros para medir el grosor de capas secas de pintura extraídas de su superficie original.

Este método permitió obtener datos precisos sobre la cantidad de material aplicado en la demarcación vial, lo cual es clave para evaluar la calidad, durabilidad y uniformidad del recubrimiento.

Proceso de medición en laboratorio

El procedimiento se desarrolló en las siguientes etapas:

a. Preparación del espacio y equipos

- Se gestionó la autorización con el encargado del laboratorio, Ing. Paco Sarzuri Joel, para el uso del espacio y los equipos requeridos.
- Se emplearon un micrómetro digital para medir el espesor y una balanza electrónica de precisión para registrar el peso.
- Ambos equipos fueron verificados y calibrados en presencia del encargado antes de iniciar las mediciones.

b. Organización de las muestras

- Las muestras se retiraron cuidadosamente de sus bolsas individuales para proceder con las mediciones, evitando cualquier daño.
- Se verificó que estuvieran en buen estado, tal como fueron guardadas tras su extracción, ya que en campo se había retirado casi todo el material adherido mediante un lijado cuidadoso, manteniendo únicamente la capa de pintura.

c. Medición del espesor

- Cada muestra fue colocada entre las mordazas del micrómetro digital, siguiendo lo indicado por la norma ASTM D1005.
- Se aplicó una presión mínima y uniforme para no dañar la muestra.
- Se realizaron tres mediciones por muestra (en ambos extremos y en el centro), cuyos valores fueron promediados posteriormente para obtener el espesor final.

d. Medición del peso

- Luego, cada muestra fue colocada en la balanza electrónica para registrar su peso en gramos (g).
- Todas las mediciones se realizaron con el mismo equipo para asegurar uniformidad.
- Se anotó un único valor de peso por muestra.

e. Registro y resguardo

- Todos los datos fueron registrados en una planilla organizada por número de muestra, tipo de marca vial y punto de estudio.
- Finalmente, las muestras se guardaron nuevamente en sus bolsas etiquetadas para su conservación y posterior medición de área.

Conclusión del procedimiento

La aplicación del Procedimiento D de la norma ASTM D1005 permitió obtener mediciones claras, precisas y confiables del espesor de la pintura. Asimismo, la medición del peso bajo condiciones controladas proporcionó datos exactos para calcular el peso volumétrico y analizar las propiedades visuales del recubrimiento aplicado en la señalización horizontal.

Figura 3. 21 Laboratorio de física de la U.A.J.M.S.



Fuente: Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, 2017

Figura 3. 22 Preparación de las muestras para su medición en laboratorio





Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 23 Medición del espesor de las muestras con micrómetro



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 24 Medición del peso de las muestras en balanza



Fuente: Elaboración propia

3.5.1 Resultados de las mediciones de las muestras de pintura

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de las mediciones de espesor y peso de las muestras de pintura recolectadas. A modo ilustrativo, se incluyen las tablas correspondientes al punto 1. Los resultados completos de todos los puntos evaluados se encuentran en los **Anexos G** (espesor) y **H** (peso).

Tabla 3. 4 Espesores de las muestras obtenidos en laboratorio

Punto 1	Av. Panamericana - Av. Circunvalación									
Espesores	Muestra 1			Muestra 2			Muestra 3			Pintura
Tipo de señal	(mm)			(mm)			(mm)			(color)
Línea de detención	0,44	0,54	0,66	0,61	0,62	0,65	0,39	0,34	0,38	Blanca
Paso peatonal	0,92	0,90	0,93	0,79	0,78	0,72	0,38	0,38	0,46	Blanca
Cordón de acera	0,97	0,95	1,01	0,65	0,60	0,64	0,81	0,76	0,78	Amarilla

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 5 Pesos de las muestras obtenidos en laboratorio

Punto 1	Av. Panamericana - Av. Circunvalación			
Pesos	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Pintura
Tipo de señal	(g)	(g)	(g)	(color)
Línea de detención	0,024	0,034	0,020	Blanca
Paso peatonal	0,102	0,041	0,022	Blanca
Cordón de acera	0,110	0,031	0,058	Amarilla

Fuente: Elaboración propia

3.6 CÁLCULO DEL ESPESOR PROMEDIO DE LAS MUESTRAS DE PINTURA

El espesor promedio de cada muestra se calculó a partir de tres mediciones realizadas en puntos distintos, expresadas en milímetros (mm). Para ello, se utilizó la siguiente fórmula:

$$e_{prom} = \frac{e_1 + e_2 + e_3}{3}$$

Donde:

e_{prom} = Espesor promedio (mm).

e_1, e_2, e_3 = Espesores medidos en tres puntos distintos de la muestra (mm).

Este cálculo permitió obtener un valor único representativo del grosor de la capa de pintura, asegurando una evaluación uniforme del material aplicado.

Ejemplo: Línea de detención

Datos:

Muestra 1: $e_1 = 0,44 \text{ mm}$; $e_2 = 0,54 \text{ mm}$; $e_3 = 0,66 \text{ mm}$

Muestra 2: $e_1 = 0,61 \text{ mm}$; $e_2 = 0,62 \text{ mm}$; $e_3 = 0,65 \text{ mm}$

Muestra 3: $e_1 = 0,39 \text{ mm}$; $e_2 = 0,34 \text{ mm}$; $e_3 = 0,38 \text{ mm}$

Cálculos:

- Muestra 1

$$e_{prom} = \frac{0,44 \text{ mm} + 0,54 \text{ mm} + 0,66 \text{ mm}}{3}$$
$$e_{prom} = 0,55 \text{ (mm)}$$

- Muestra 2

$$e_{prom} = \frac{0,61 \text{ mm} + 0,62 \text{ mm} + 0,65 \text{ mm}}{3}$$
$$e_{prom} = 0,63 \text{ (mm)}$$

- Muestra 3

$$e_{prom} = \frac{0,39 \text{ mm} + 0,34 \text{ mm} + 0,38 \text{ mm}}{3}$$
$$e_{prom} = 0,37 \text{ (mm)}$$

Tabla 3. 6 Espesor promedio de las muestras de pintura

Punto 1	Av. Panamericana - Av. Circunvalación			
Espesor promedio	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Pintura
Tipo de señal	(mm)	(mm)	(mm)	(color)
Línea de detención	0,55	0,63	0,37	Blanca
Paso peatonal	0,92	0,76	0,41	Blanca
Cordón de acera	0,98	0,63	0,78	Amarilla

Fuente: Elaboración propia

3.7 CÁLCULO DEL ÁREA DE LAS MUESTRAS DE PINTURA

Metodología aplicada: Método gráfico con papel milimétrico

Para determinar el área de cada muestra de pintura extraída, se aplicó un método gráfico utilizando papel milimetrado. Esta técnica fue adecuada para muestras con formas irregulares, ya que permitió estimar con precisión su superficie real.

Procedimiento aplicado:

- o Se colocó cada muestra sobre el papel milimétrico y se trazó cuidadosamente su contorno.
- o Se contaron los cuadros completos contenidos dentro del área trazada.
- o Las fracciones de cuadros parciales se sumaron hasta completar unidades enteras.
- o Finalmente, se multiplicó el número total de cuadros obtenidos por el área de un cuadro (1 mm²) para calcular el área total de la muestra.

Fórmula utilizada:

$$A_m = N_{\text{cuadros}} * A_{\text{cuadro}}$$

Donde:

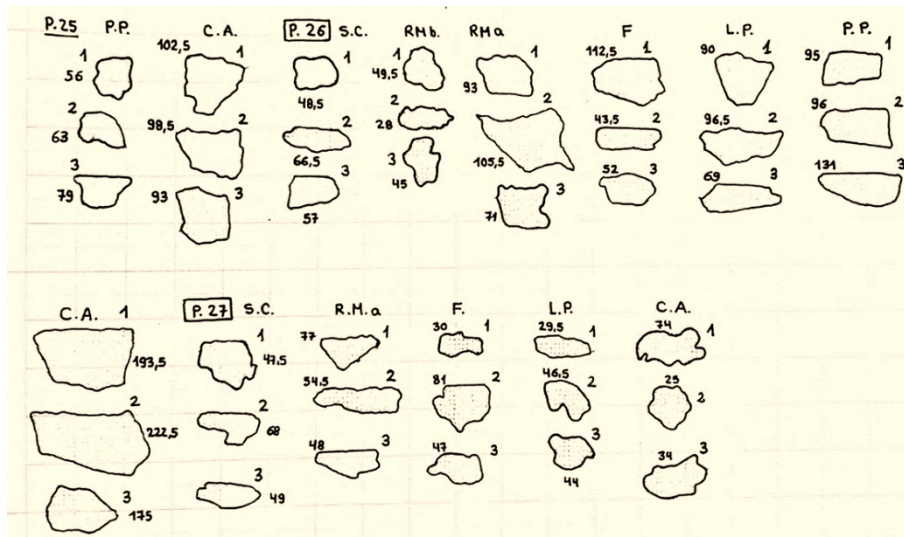
A_m = Área total de la muestra (mm²).

N_{cuadros} = Número total de cuadros completos y fracciones sumadas.

A_{cuadro} = Área de un cuadro del papel milimetrado (1 mm²).

A continuación, se presenta una figura ilustrativa con ejemplos del trazado realizado sobre papel milimétrico, aplicada a distintas muestras, junto con la tabla de área calculada correspondiente al punto 1. Los resultados completos del cálculo de áreas para todas las muestras se encuentran en el **Anexo I**.

Figura 3. 25 Cálculo del área de las muestras mediante papel milimétrico



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 7 Áreas calculadas de las muestras de pintura

Punto 1	Av. Panamericana - Av. Circunvalación			
Áreas	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Pintura
Tipo de señal	(mm ²)	(mm ²)	(mm ²)	(color)
Línea de detención	33,50	42,00	38,50	Blanca
Paso peatonal	81,00	40,50	40,00	Blanca
Cordón de acera	97,50	35,50	48,00	Amarilla

Fuente: Elaboración propia

3.8 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LAS MUESTRAS DE PINTURA

Cálculo a partir del área y el espesor promedio

El volumen de cada muestra de pintura se calculó multiplicando el área obtenida con papel milimetrado por el espesor promedio previamente determinado, utilizando la siguiente expresión:

$$V_m = \frac{A * e_{prom}}{1000}$$

Donde:

V_m = Volumen de la muestra (cm³).

A = Área de la muestra (mm²).

e_{prom} = Espesor promedio de la muestra (mm).

Dado que el área está expresada en milímetros cuadrados (mm²) y el espesor en milímetros (mm), el resultado del producto se obtiene en milímetros cúbicos (mm³). Para convertirlo a centímetros cúbicos (cm³), se divide entre 1000.

Este valor fue necesario para calcular el peso volumétrico de cada muestra, como parte de la evaluación de las propiedades visuales del recubrimiento.

Ejemplo: Línea de detención

Datos:

Muestra 1: $A = 33,50 \text{ mm}^2$; $e_{prom} = 0,55 \text{ mm}$

Muestra 2: $A = 42,00 \text{ mm}^2$; $e_{prom} = 0,63 \text{ mm}$

Muestra 3: $A = 38,50 \text{ mm}^2$; $e_{prom} = 0,37 \text{ mm}$

Cálculos:

- Muestra 1

$$V_m = \frac{33,50 \text{ mm}^2 * 0,55 \text{ mm}}{1000}$$

$$V_m = 0,018 \text{ (cm}^3\text{)}$$

- Muestra 2

$$V_m = \frac{42,00 \text{ mm}^2 * 0,63 \text{ mm}}{1000}$$

$$V_m = 0,026 \text{ (cm}^3\text{)}$$

- Muestra 3

$$V_m = \frac{38,50 \text{ mm}^2 * 0,37 \text{ mm}}{1000}$$

$$V_m = 0,014 \text{ (cm}^3\text{)}$$

A continuación, se presenta la tabla con el volumen calculado correspondiente al punto 1. Los resultados completos de los volúmenes calculados para todas las muestras evaluadas se encuentran en el **Anexo J**.

Tabla 3. 8 Volumen calculado de las muestras de pintura

Punto 1	Av. Panamericana - Av. Circunvalación			
Volúmenes	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Pintura
Tipo de señal	(cm ³)	(cm ³)	(cm ³)	(color)
Línea de detención	0,018	0,026	0,014	Blanca
Paso peatonal	0,074	0,031	0,016	Blanca
Cordón de acera	0,095	0,022	0,038	Amarilla

Fuente: Elaboración propia

3.9 CÁLCULO DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LAS MUESTRAS DE PINTURA

Determinación a partir del peso y el volumen

El peso volumétrico de cada muestra se calculó dividiendo su peso, medido en laboratorio, entre el volumen previamente determinado. Se utilizó la siguiente expresión:

$$P_{vol} = \frac{W_m}{V_m}$$

Donde:

P_{vol} = Peso volumétrico de la muestra (g/cm^3).

W_m = Peso de la muestra (g).

V_m = Volumen de la muestra (cm^3).

Este cálculo permitió conocer la densidad del recubrimiento aplicado, lo cual resulta fundamental para evaluar la calidad del material y su correcta preparación.

Ejemplo: Línea de detención

Datos:

Muestra 1: $W_m = 0,024$ g; $V_m = 0,018$ cm^3

Muestra 2: $W_m = 0,034$ g; $V_m = 0,026$ cm^3

Muestra 3: $W_m = 0,020$ g; $V_m = 0,014$ cm^3

Cálculos:

- Muestra 1

$$P_{vol.} = \frac{0,024 \text{ g}}{0,018 \text{ cm}^3}$$
$$P_{vol.} = 1,30 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

- Muestra 2

$$P_{vol.} = \frac{0,034 \text{ g}}{0,026 \text{ cm}^3}$$
$$P_{vol.} = 1,29 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

- Muestra 3

$$P_{vol.} = \frac{0,020 \text{ g}}{0,014 \text{ cm}^3}$$
$$P_{vol.} = 1,45 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

A continuación, se presenta la tabla con el peso volumétrico calculado correspondiente al punto 1. Los resultados completos de los pesos volumétricos obtenidos para todas las muestras se encuentran en el **Anexo K**.

Tabla 3. 9 Peso volumétrico de las muestras de pintura

Punto 1	Av. Panamericana - Av. Circunvalación			
Peso volumétrico	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Pintura
Tipo de señal	(g/cm ³)	(g/cm ³)	(g/cm ³)	(color)
Línea de detención	1,30	1,29	1,45	Blanca
Paso peatonal	1,37	1,31	1,36	Blanca
Cordón de acera	1,16	1,37	1,56	Amarilla

Fuente: Elaboración propia

3.10 EVALUACIÓN DE LA RETRORREFLECTANCIA DE LAS DEMARCACIONES VIALES

Metodología aplicada: Norma ASTM D7585 - Metodología estándar para la evaluación de la retrorreflectividad de las marcas en el pavimento utilizando instrumentos portátiles operados a mano

La retrorreflectancia es una propiedad visual esencial de la señalización horizontal, ya que permite que las marcas viales sean visibles durante la noche al reflejar la luz de los faros del vehículo en dirección al conductor. Esta medición, por lo general, se realiza con retrorreflectómetros especializados, de acuerdo con normas como la ASTM E1710, ASTM D7585 o ASTM E3320.

En este estudio, debido a la falta de un retrorreflectómetro, se aplicó un método de medición indirecto con luxómetro, tomando como base la norma ASTM E808, que se fundamenta en la ley del inverso del cuadrado de la distancia. Esta metodología permitió calcular la retrorreflectancia a partir de la iluminancia reflejada y otros parámetros geométricos establecidos.

a) Condiciones y parámetros geométricos de medición

Para simular una situación real de conducción nocturna, se definieron y calcularon los siguientes parámetros:

- o **Distancia entre el vehículo y la demarcación:** Se evaluaron varias distancias (1 m, 3 m y 5 m). La distancia de **3 m** fue la más adecuada, ya que evitó sombras y proporcionó una iluminación estable y uniforme.

- o **Altura de los faros:** Se midió en campo y fue de **0,60 m**, valor representativo de vehículos livianos, próximo al valor referencial de 0,65 m que establecen las normas.
- o **Altura del sensor del luxómetro:** Se determinó en **20 cm** sobre el pavimento, calculada a partir de la relación geométrica entre la altura de los faros y la distancia horizontal desde el vehículo a los puntos de medición.
- o **Altura del ojo del conductor:** Se consideró un valor promedio de **1,20 m**, verificado con mediciones en campo y coincidente con lo establecido en norma como línea de visión de un conductor sentado.
- o **Ángulo de inclinación del sensor:** Se calculó en **15°**, determinado a partir de la relación entre la altura del ojo del conductor (1,20 m) y la distancia horizontal a los puntos de medición, simulando el ángulo de observación del conductor hacia la demarcación.

Estos parámetros geométricos aseguraron que las mediciones reflejaran con precisión cómo percibe el conductor la señalización en condiciones nocturnas reales.

b) Procedimiento de medición

- o **Posicionamiento del vehículo:** El vehículo se ubicó en el mismo carril y sentido de circulación, con los faros encendidos en luz baja, iluminando directamente las marcas viales, simulando una situación de conducción nocturna urbana.
- o **Ubicación y orientación del luxómetro:** Se colocó el sensor a **20 cm** del pavimento e inclinado a **15°**, apuntando hacia la demarcación y en la misma dirección del tránsito (a espaldas del vehículo), replicando la percepción del conductor al observar la señalización horizontal.
- o **Medición sobre las marcas viales:**
 - ✓ En marcas longitudinales (líneas de carril, flechas, cordones de acera, pasos peatonales), se realizaron tres mediciones: extremo derecho, centro y extremo izquierdo.
 - ✓ En marcas transversales (resaltos y líneas de detención), se midió en el centro de la marca y en la dirección del haz de luz de los faros.

- o **Corrección por luz ambiental:** Se realizaron mediciones adicionales con los faros apagados para registrar la iluminancia del entorno (alumbrado público u otras fuentes) y restarla de los valores principales, asegurando que las lecturas correspondieran únicamente a la luz reflejada por la demarcación vial.

c) Cálculo de la retrorreflectancia

- **Iluminancia reflejada promedio (lux):**

$$E_{R,prom} = \frac{E_{R1} + E_{R2} + E_{R3}}{3}$$

Donde:

E_{R1}, E_{R2}, E_{R3} son los valores de iluminancia reflejada medidos en los tres puntos de la marca vial.

- **Intensidad de luz reflejada (cd):**

$$I_R = E_{R,prom} * d^2$$

Donde:

$d = 3$ m es la distancia constante entre el vehículo y la marca vial.

- **Área reflejante (m²):**

El área reflejante se determinó según el tipo de marca vial, midiendo en campo hasta qué distancia la luz proyectada por los faros era intensa y uniforme:

- o **Líneas de carriles:** 5,00 m iluminadas con mayor intensidad por el faro izquierdo.
- o **Cordones de acera:** 3,50 m iluminadas por el faro derecho, considerando la altura del bordillo.
- o **Resaltos y líneas de detención:** 3,70 m (1,70 m de ancho del vehículo más 1,00 m a cada lado del faro).
- o **Flechas y pasos peatonales:** Se consideró toda el área de cada flecha y una franja central del paso peatonal, ya que el haz de luz proyectado en forma de cono iluminaba completamente esa superficie.

Estas distancias fueron verificadas en campo para asegurar que el área reflejante representara la zona realmente visible desde el punto de observación del conductor.

- **Retroreflectancia (cd/m²/lux):**

$$R_L = \frac{I_R}{A_R}$$

Donde:

R_L = Retroreflectancia (cd/m²/lux).

I_R = Intensidad de luz reflejada (cd).

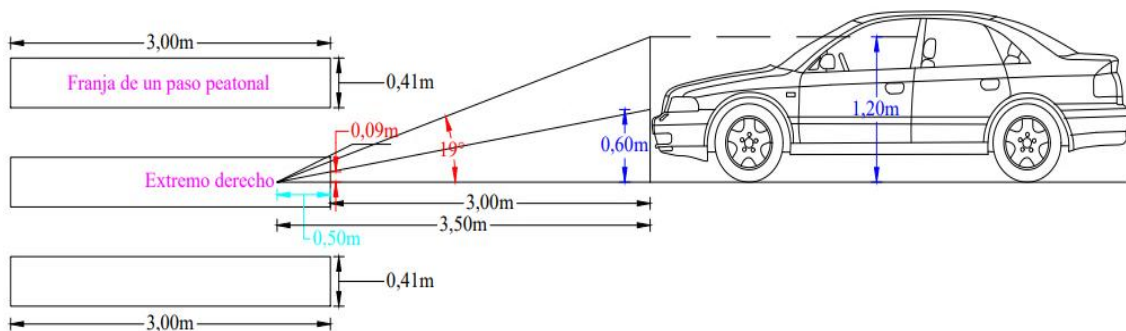
A_R = Área reflejante de la demarcación (m²).

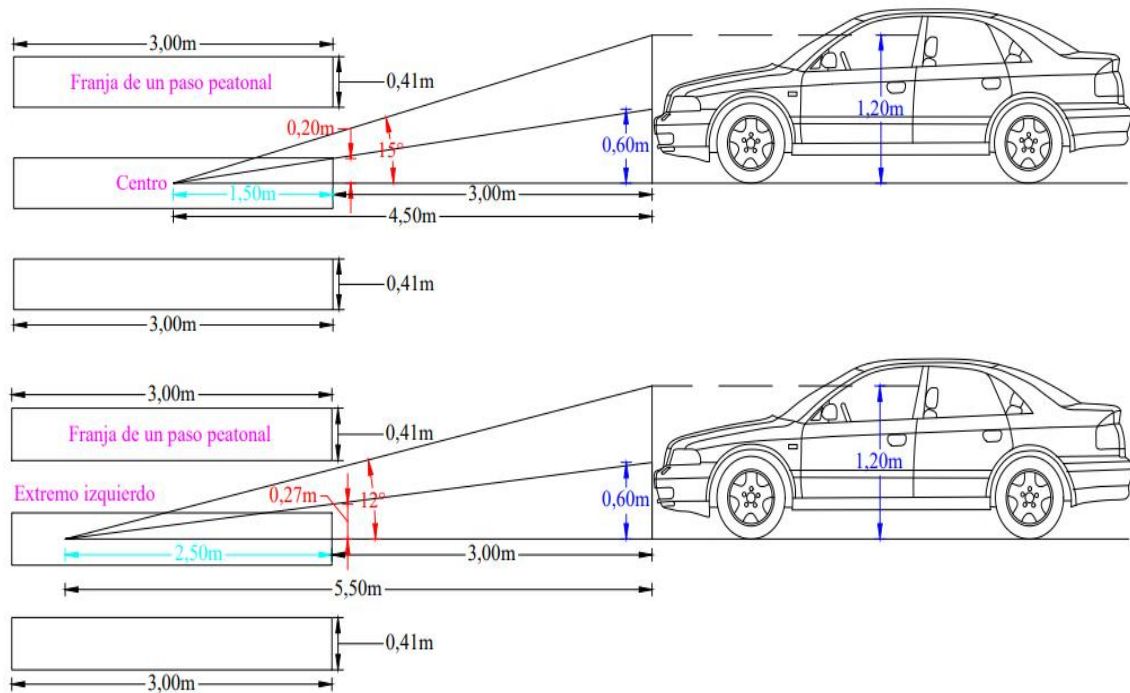
Conclusión sobre la metodología aplicada

Aunque no se contó con un retroreflectómetro, la aplicación del método indirecto con luxómetro, conforme a la norma ASTM E808, permitió estimar la retroreflectancia de forma válida y técnicamente sustentada.

La adecuada definición de distancias, alturas, ángulos y áreas reflejantes, junto con la medición directa de la iluminancia reflejada, permitió obtener resultados representativos sobre la visibilidad nocturna de la señalización horizontal. Esta metodología se presenta como una alternativa práctica, confiable y replicable para evaluar el desempeño visual de las demarcaciones viales en campo, cuando no se dispone de equipos especializados, contribuyendo así al análisis técnico del estado actual de la señalización y su impacto en la seguridad vial.

Figura 3. 26 Esquema geométrico para determinar la altura y orientación del luxómetro





Fuente: Elaboración propia

a. Determinación de la altura del sensor del luxómetro

Cálculos:

- Extremo derecho de la señal

$$\frac{0,60 \text{ m}}{3,50 \text{ m}} = \frac{h_1}{0,50 \text{ m}}$$

$$h_1 = \frac{0,60 \text{ m} * 0,50 \text{ m}}{3,50 \text{ m}} = 0,09 \text{ m}$$

- Centro de la señal

$$\frac{0,60 \text{ m}}{4,50 \text{ m}} = \frac{h_2}{1,50 \text{ m}}$$

$$h_2 = \frac{0,60 \text{ m} * 1,50 \text{ m}}{4,50 \text{ m}} = 0,20 \text{ m}$$

- Extremo izquierdo de la señal

$$\frac{0,60 \text{ m}}{5,50 \text{ m}} = \frac{h_3}{2,50 \text{ m}}$$

$$h_3 = \frac{0,60 \text{ m} * 2,50 \text{ m}}{5,50 \text{ m}} = 0,27 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura promedio:**

$$h_{prom} = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3}$$

$$h_{prom} = \frac{0,09 \text{ m} + 0,20 \text{ m} + 0,27 \text{ m}}{3} = 0,20 \text{ m}$$

$$\mathbf{h_{prom} = 20 \text{ cm}}$$

b. Cálculo de la inclinación del sensor del luxómetro

Cálculos:

- o Extremo derecho de la señal

$$\tan \alpha_1 = \left(\frac{1,20 \text{ m}}{3,50 \text{ m}} \right)$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{1,20 \text{ m}}{3,50 \text{ m}} \right)$$

$$\alpha_1 = 18,9^\circ$$

- o Centro de la señal

$$\tan \alpha_2 = \left(\frac{1,20 \text{ m}}{4,50 \text{ m}} \right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{1,20 \text{ m}}{4,50 \text{ m}} \right)$$

$$\alpha_2 = 14,9^\circ$$

- o Extremo izquierdo de la señal

$$\tan \alpha_3 = \left(\frac{1,20 \text{ m}}{5,50 \text{ m}} \right)$$

$$\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{1,20 \text{ m}}{5,50 \text{ m}} \right)$$

$$\alpha_3 = 12,3^\circ$$

- o **Cálculo del ángulo promedio:**

$$\alpha_{prom} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3}{3}$$

$$\alpha_{prom} = \frac{18,9^\circ + 14,9^\circ + 12,3^\circ}{3} = 15,3^\circ$$

$$\mathbf{\alpha_{prom} = 15^\circ}$$

Figura 3. 27 Ubicación del vehículo para la medición de iluminancia reflejada



Fuente: Elaboración propia

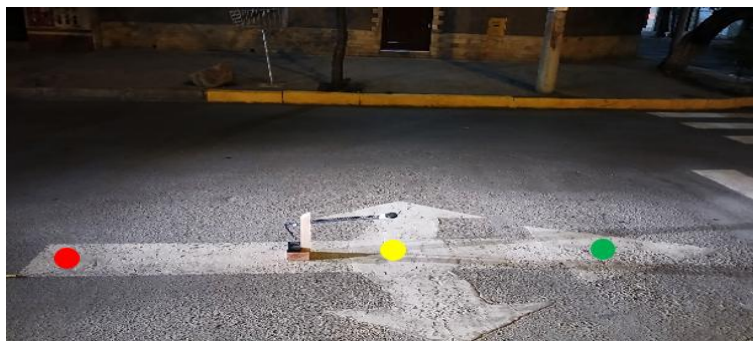
Figura 3. 28 Ubicación del sensor del luxómetro con la altura y ángulo definidos



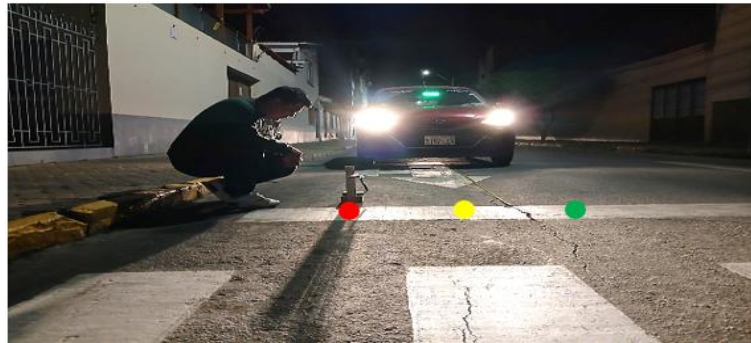
Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 29 Medición de la iluminancia reflejada en las demarcaciones viales

Flechas direccionales



Líneas de detención o de pare



Pasos peatonales o cruces de cebra



Rompe muelles o resaltos



Cordones de acera y áreas verdes



Fuente: Elaboración propia

3.10.1 Resultados de la medición de iluminancia reflejada

A continuación, se presenta la tabla con los valores de iluminancia reflejada obtenidos en campo para el punto 1. Los datos completos correspondientes a todos los puntos evaluados se encuentran disponibles en el **Anexo L**.

Tabla 3. 10 Valores de iluminancia reflejada en las demarcaciones viales

Punto 1	Av. Panamericana - Av. Circunvalación				
Tipo de señal	Iluminancia reflejada en las marcas viales (lux)				
	Demarcación	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4
	(color)	Izquierda	Centro	Derecha	A. público
Línea de detención	Blanca	15	19	16	5
Paso peatonal	Blanca	13	17	15	4
Cordón de acera	Amarilla	8	12	9	3

Fuente: Elaboración propia

3.10.2 Determinación de la retrorreflectancia de las demarcaciones viales

Ejemplo: Línea de detención

Datos:

Medición 1 (extremo derecho de la señal): $E_{R1} = 15$ lux

Medición 2 (centro de la señal): $E_{R2} = 19$ lux

Medición 3 (extremo izquierdo de la señal): $E_{R3} = 16$ lux

Distancia horizontal (vehículo - demarcación): $d = 3$ m

Cálculos:

a) Iluminancia reflejada promedio:

$$E_{Rprom} = \frac{15 \text{ lux} + 19 \text{ lux} + 16 \text{ lux}}{3}$$

$$E_{Rprom} = 16,67 \text{ (lux)}$$

b) Intensidad de luz reflejada:

$$I_R = E_{Rprom} * d^2$$

$$I_R = 16,67 \text{ lux} * (3 \text{ m})^2$$

$$I_R = 150 \text{ (cd)}$$

c) Retrorreflectancia:

$$R_L = \frac{I_R}{A_R}$$

$$R_L = \frac{150 \text{ cd}}{1,48 \text{ m}^2}$$

$$R_L = 101,35 \text{ (cd/m}^2\text{/lux)}$$

A continuación, se presenta la tabla con los valores de retrorreflectancia calculados para el punto 1. Los resultados completos correspondientes a todos los puntos evaluados se encuentran disponibles en el **Anexo M**.

Tabla 3. 11 Valores de retrorreflectancia de las demarcaciones viales

Punto 1	Av. Panamericana - Av. Circunvalación			
Tipo de señal	Iluminancia promedio (lux)	Intensidad reflejada (cd)	Área reflejante (m ²)	Retrorreflectancia (cd/m ² /lux)
Línea de detención	16,67	150,00	1,48	101,35
Paso peatonal	15,00	135,00	1,64	82,32
Cordón de acera	9,67	87,00	1,12	77,68

Fuente: Elaboración propia

3.11 RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO

3.11.1 Dimensiones obtenidas de las demarcaciones viales

Tabla 3. 12 Dimensiones de las demarcaciones viales

Punto de estudio 1	Av. Panamericana - Av. Circunvalación				
Dimensiones (m)	Mínimo		Máximo		Demarcación
Tipo de señal	Ancho		Ancho		(color)
Línea de detención	0,39		0,41		Blanca
Paso peatonal	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Blanca
	0,38	3,00	0,41	4,05	
Cordón de acera	Ancho	Altura	Ancho	Altura	Amarilla
	0,08	0,14	0,12	0,20	

Fuente: Elaboración propia

3.11.2 Espesores obtenidos de las demarcaciones viales

Tabla 3. 13 Espesores de las demarcaciones viales

Punto de estudio 1	Av. Panamericana - Av. Circunvalación			
Espesores	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Pintura
Tipo de señal	(mm)	(mm)	(mm)	(color)
Línea de detención	0,55	0,63	0,37	Blanca
Paso peatonal	0,92	0,76	0,41	Blanca
Cordón de acera	0,98	0,63	0,78	Amarilla

Pintura	Espesor mínimo	Espesor máximo
(color)	(mm)	(mm)
Blanca	0,37	0,92
Amarilla	0,63	0,98

Fuente: Elaboración propia

3.11.3 Pesos volumétricos obtenidos de las demarcaciones viales

Tabla 3. 14 Pesos volumétricos de las demarcaciones viales

Punto de estudio 1	Av. Panamericana - Av. Circunvalación			
Pesos volumétricos	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Pintura
Tipo de señal	(gr/cm ³)	(gr/cm ³)	(gr/cm ³)	(color)
Línea de detención	1,30	1,29	1,45	Blanca
Paso peatonal	1,37	1,31	1,36	Blanca
Cordón de acera	1,16	1,37	1,56	Amarilla

Pintura	Peso volumétrico mínimo	Peso volumétrico máximo
(color)	(gr/cm ³)	(gr/cm ³)
Blanca	1,29	1,45
Amarilla	1,16	1,56

Fuente: Elaboración propia

3.11.4 Retrorreflectancia obtenida de las demarcaciones viales

Tabla 3. 15 Retrorreflectancia de las demarcaciones viales

Punto de estudio 1	Av. Panamericana - Av. Circunvalación			
Tipo de señal	Iluminancia promedio (lux)	Intensidad reflejada (cd)	Área reflejante (m ²)	Retrorreflectancia (cd/m ² /lux)
Línea de detención	16,67	150,00	1,48	101,35
Paso peatonal	15,00	135,00	1,64	82,32
Cordón de acera	9,67	87,00	1,12	77,68

Demarcación	Retrorreflectancia mínima	Retrorreflectancia máxima
(color)	(cd/m ² /lux)	(cd/m ² /lux)
Blanca	82	101
Amarilla	78	78

Fuente: Elaboración propia

3.12 ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.12.1 Análisis de las dimensiones obtenidas de las demarcaciones viales

- Líneas de separación de carriles

Cuadro 3. 8 Dimensiones de las líneas de carriles

Dimensiones medidas (m)		
Punto	Ancho mínimo	Ancho máximo
2	0,09	0,11
3	0,09	0,10
4	0,09	0,10
5	0,09	0,11
7	0,09	0,09
9	0,12	0,12
15	0,08	0,18
16	0,09	0,09
17	0,08	0,13
21	0,05	0,10
22	0,08	0,10
24	0,09	0,11
25	0,13	0,13
26	0,15	0,15
27	0,09	0,09
28	0,18	0,18

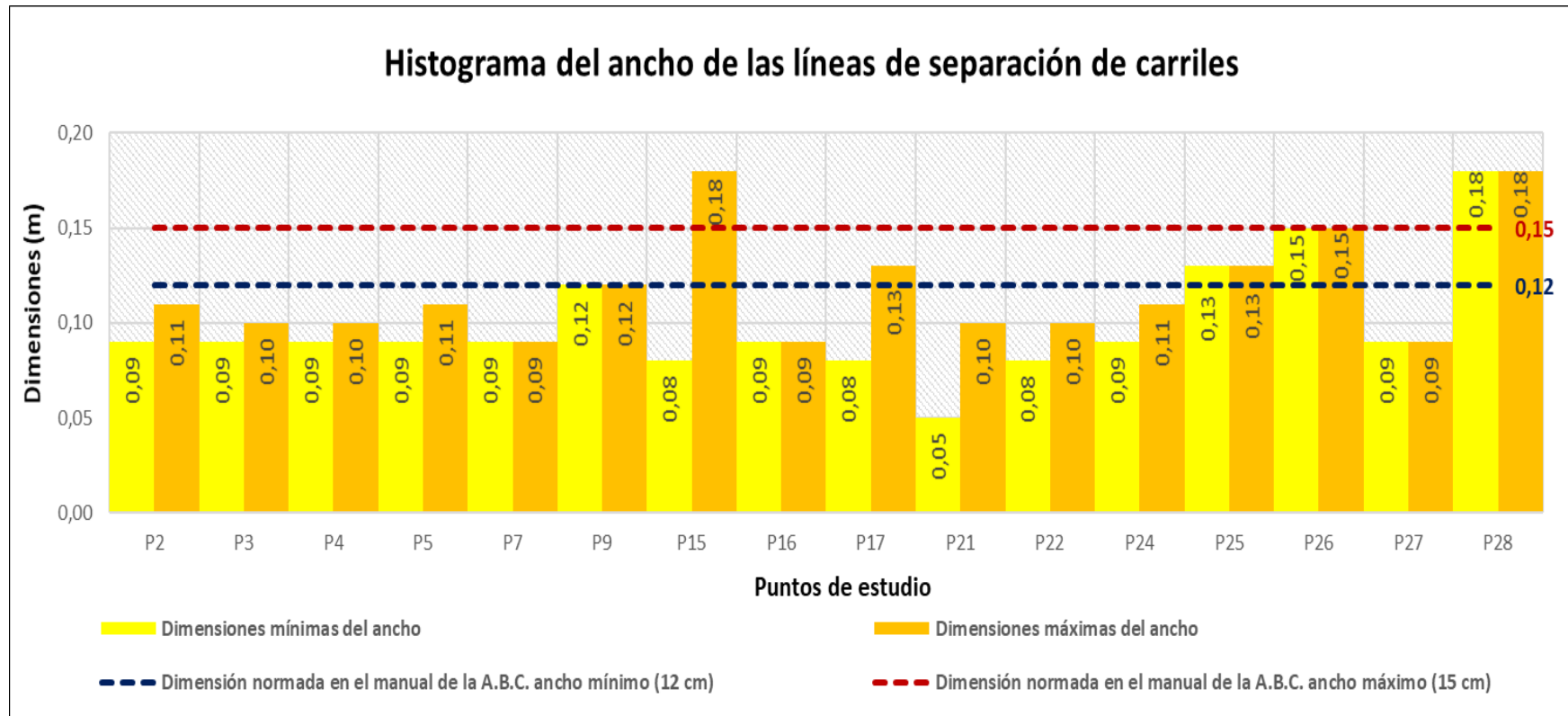
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 9 Resumen estadístico de las dimensiones medidas

Ancho mínimo		Ancho máximo	
Media	0,10	Media	0,12
Mediana	0,09	Mediana	0,11
Moda	0,09	Moda	0,10
Desviación estándar	0,031	Desviación estándar	0,029
Varianza de la muestra	0,00098	Varianza de la muestra	0,00086
Coeficiente de variación	31,50%	Coeficiente de variación	24,77%
Mínimo	0,05	Mínimo	0,09
Máximo	0,18	Máximo	0,18
Cuenta	16	Cuenta	16

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 1 Distribución del ancho de las líneas de separación de carriles



Fuente: Elaboración propia

- **Rompe muelles o resaltos**

Cuadro 3. 10 Dimensiones de los resaltos

Dimensiones medidas (m)		
Punto	Longitud	Altura
2	2,70	0,08
3	3,05	0,06
4	3,03	0,07
12	2,85	0,10
25	3,47	0,07
27	3,05	0,09
30	1,84	0,08

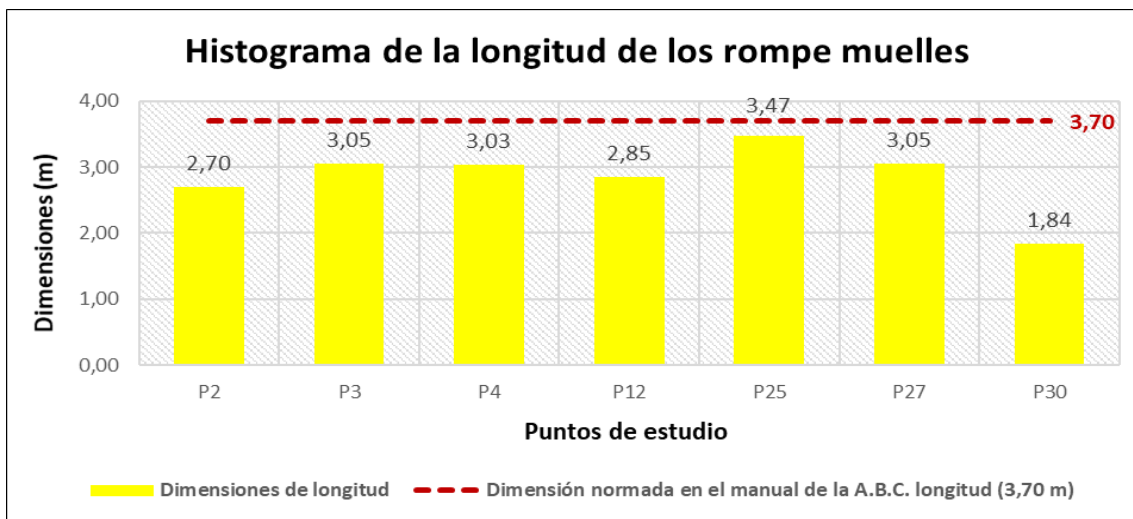
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 11 Resumen estadístico de las dimensiones medidas

Longitud		Altura	
Media	2,86	Media	0,08
Mediana	3,03	Mediana	0,08
Moda	3,05	Moda	0,08
Desviación estándar	0,51	Desviación estándar	0,013
Varianza de la muestra	0,26	Varianza de la muestra	0,00018
Coeficiente de variación	17,74%	Coeficiente de variación	17,12%
Rango	1,63	Rango	0,04
Mínimo	1,84	Mínimo	0,06
Máximo	3,47	Máximo	0,10
Cuenta	7	Cuenta	7

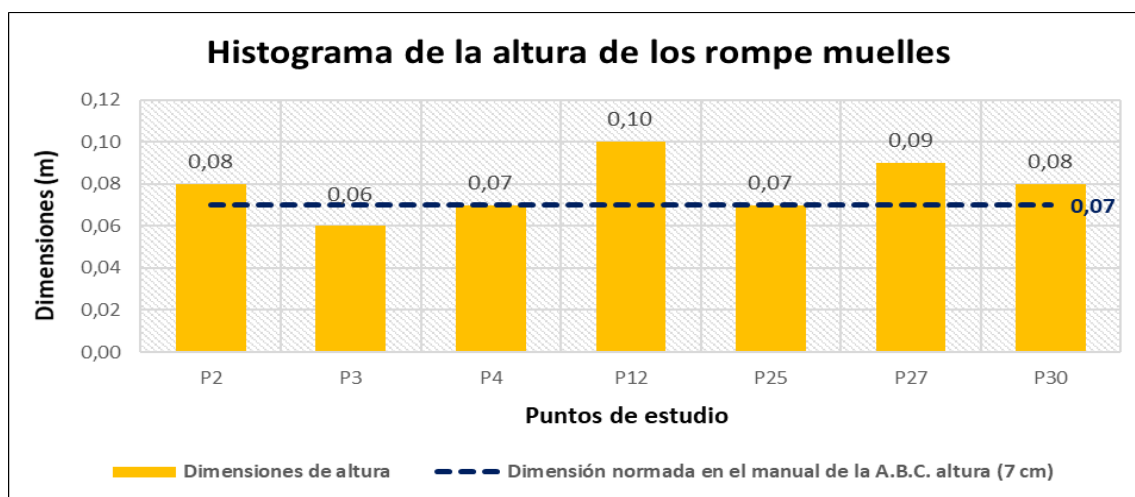
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 2 Distribución de la longitud de los resaltos



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 3 Distribución de la altura de los resaltos



Fuente: Elaboración propia

- Flechas direccionales**

Cuadro 3. 12 Dimensiones de las flechas direccionales

Dimensiones medidas (m)					
Punto	Largo mínimo	Largo máximo	Punto	Largo mínimo	Largo máximo
1	-	-	16	2,95	3,87
2	3,46	3,51	17	3,48	3,56
3	-	-	18	3,48	3,50
4	3,31	3,31	19	3,51	3,59
5	3,38	3,51	20	3,29	3,51
6	2,98	3,50	21	3,45	3,53
7	3,48	3,57	22	3,49	3,62
8	3,25	3,49	23	3,49	3,51
9	3,10	3,45	24	3,46	3,52
10	2,83	3,47	25	3,24	3,51
11	3,53	3,53	26	2,97	3,13
12	2,45	3,51	27	3,48	3,53
13	2,46	3,47	28	3,47	3,49
14	3,22	3,39	29	-	-
15	3,42	3,54	30	3,49	3,56

Dimensiones medidas (m)					
Punto	Ancho mínimo	Ancho máximo	Punto	Ancho mínimo	Ancho máximo
1	-	-	16	0,40	0,41
2	0,39	0,41	17	0,40	0,40
3	-	-	18	0,39	0,40

4	0,40	0,40	19	0,39	0,40
5	0,39	0,40	20	0,40	0,41
6	0,39	0,40	21	0,40	0,40
7	0,40	0,41	22	0,37	0,40
8	0,39	0,40	23	0,40	0,40
9	0,40	0,42	24	0,40	0,41
10	0,39	0,40	25	0,38	0,39
11	0,41	0,42	26	0,40	0,41
12	0,37	0,40	27	0,38	0,40
13	0,36	0,41	28	0,39	0,40
14	0,40	0,40	29	-	-
15	0,39	0,40	30	0,40	0,41

Fuente: Elaboración propia

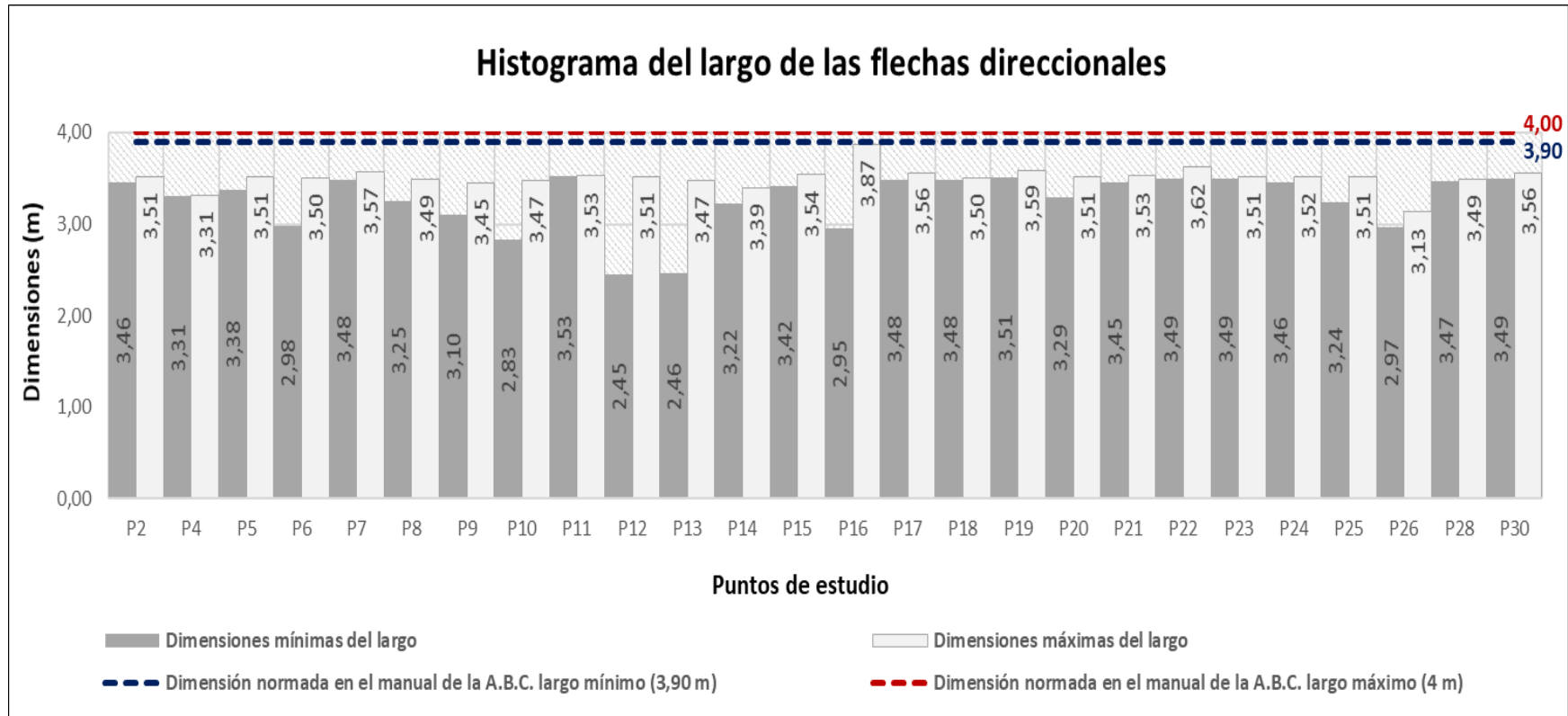
Cuadro 3. 13 Resumen estadístico de las dimensiones medidas

Largo mínimo		Largo máximo	
Media	3,26	Media	3,51
Mediana	3,42	Mediana	3,51
Moda	3,48	Moda	3,51
Desviación estándar	0,31	Desviación estándar	0,12
Varianza de la muestra	0,095	Varianza de la muestra	0,014
Coeficiente de variación	9,42%	Coeficiente de variación	3,38%
Rango	1,08	Rango	0,74
Mínimo	2,45	Mínimo	3,13
Máximo	3,53	Máximo	3,87
Cuenta	27	Cuenta	27

Ancho mínimo		Ancho máximo	
Media	0,39	Media	0,40
Mediana	0,39	Mediana	0,40
Moda	0,40	Moda	0,40
Desviación estándar	0,011	Desviación estándar	0,0069
Varianza de la muestra	0,0001	Varianza de la muestra	4,8E-05
Coeficiente de variación	2,92%	Coeficiente de variación	1,72%
Rango	0,05	Rango	0,03
Mínimo	0,36	Mínimo	0,39
Máximo	0,41	Máximo	0,42
Cuenta	27	Cuenta	27

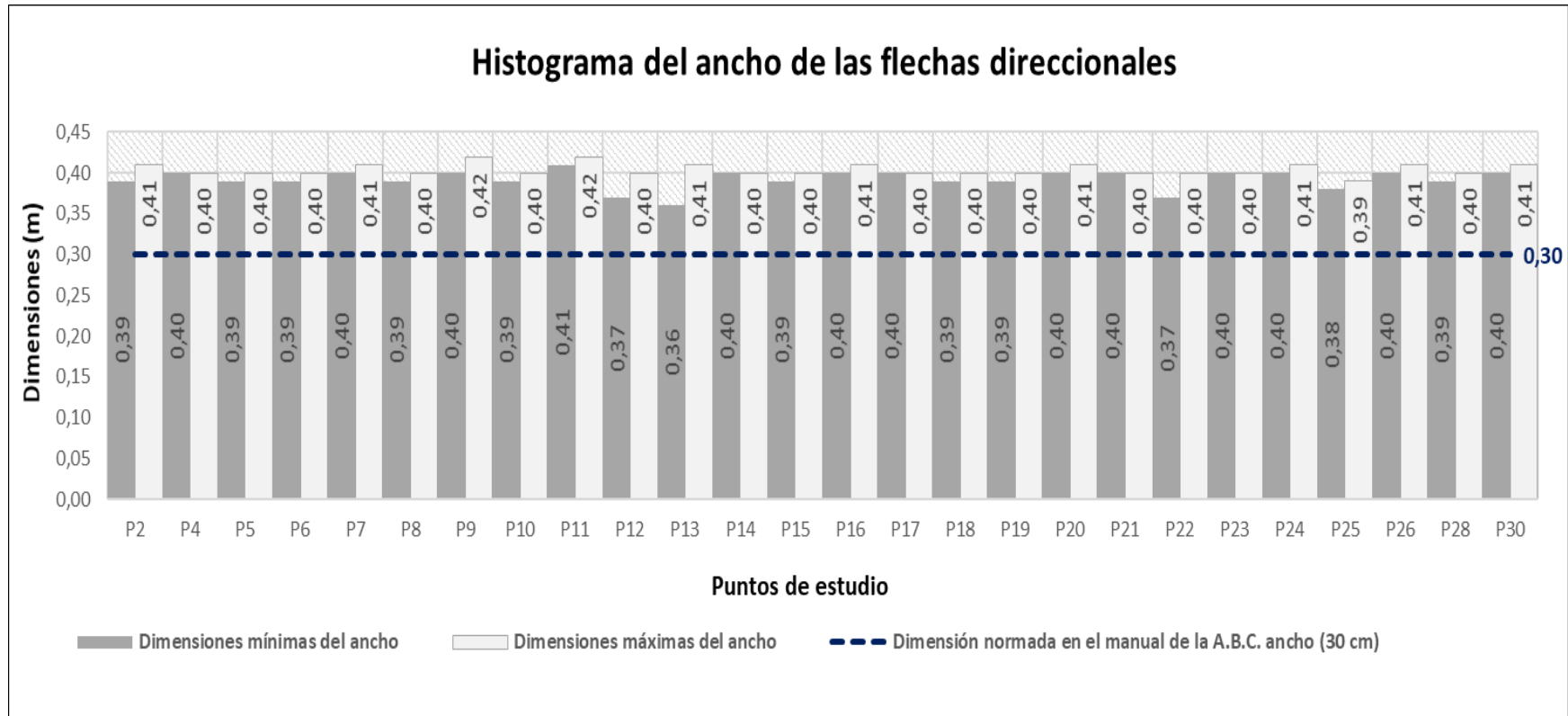
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 4 Distribución del largo de las flechas direccionales



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 5 Distribución del ancho de las flechas direccionales



Fuente: Elaboración propia

- Líneas de detención o de pare

Cuadro 3. 14 Dimensiones de las líneas de detención

Dimensiones medidas (m)					
Punto	Ancho mínimo	Ancho máximo	Punto	Ancho mínimo	Ancho máximo
1	0,39	0,41	16	0,39	0,39
2	0,40	0,40	17	0,39	0,40
3	0,40	0,40	18	0,38	0,41
4	0,39	0,39	19	0,38	0,40
5	0,40	0,40	20	0,40	0,40
6	0,38	0,40	21	0,39	0,40
7	0,35	0,40	22	0,40	0,41
8	0,36	0,40	23	0,40	0,41
9	0,40	0,42	24	0,40	0,41
10	0,36	0,42	25	0,38	0,42
11	0,41	0,41	26	0,39	0,39
12	0,37	0,41	27	0,36	0,40
13	0,42	0,42	28	0,39	0,40
14	0,40	0,40	29	0,40	0,42
15	0,39	0,40	30	0,40	0,42

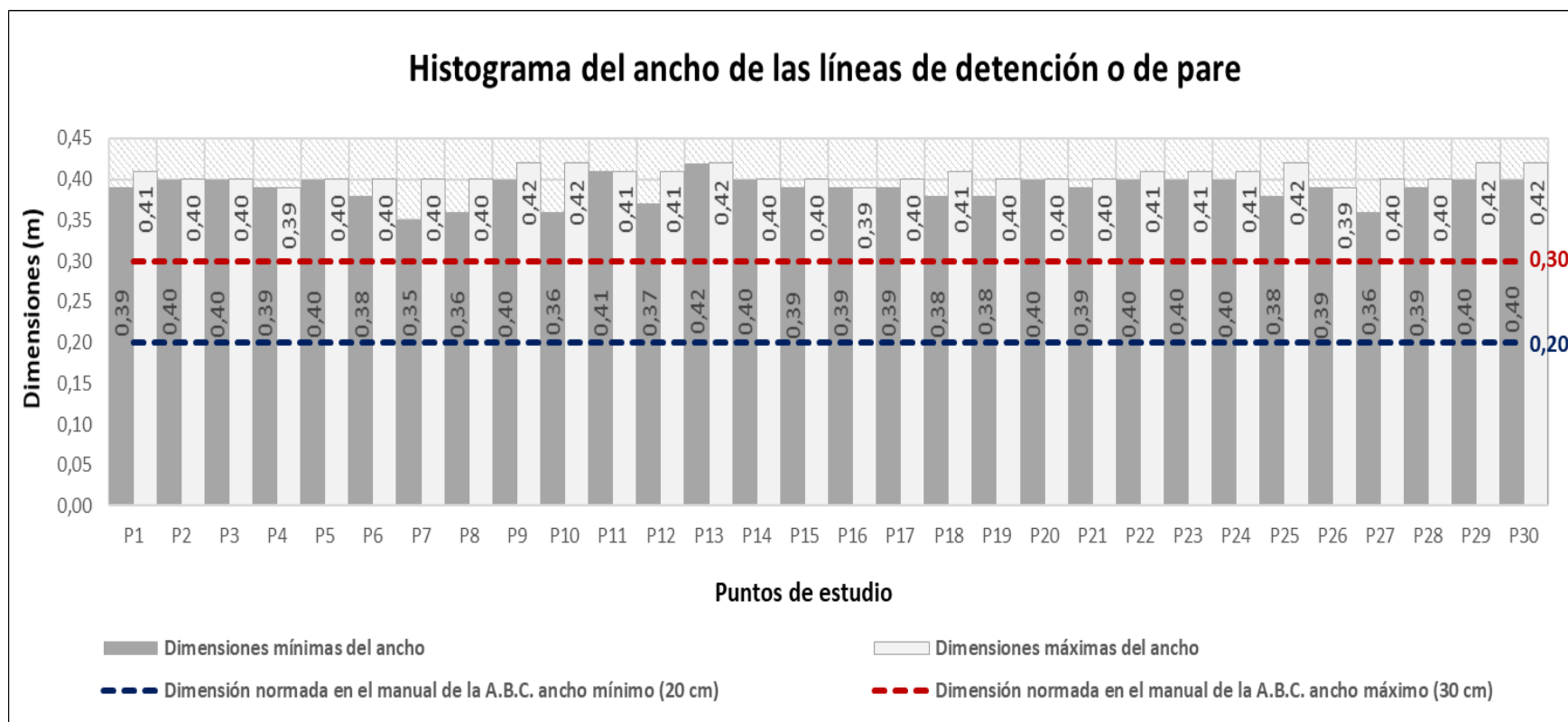
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 15 Resumen estadístico de las dimensiones medidas

Ancho mínimo		Ancho máximo	
Media	0,39	Media	0,41
Mediana	0,39	Mediana	0,40
Moda	0,40	Moda	0,40
Desviación estándar	0,016	Desviación estándar	0,0094
Varianza de la muestra	0,0003	Varianza de la muestra	8,8E-05
Coeficiente de variación	4,13%	Coeficiente de variación	2,31%
Rango	0,07	Rango	0,03
Mínimo	0,35	Mínimo	0,39
Máximo	0,42	Máximo	0,42
Cuenta	30	Cuenta	30

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 6 Distribución del ancho de las líneas de detención



Fuente: Elaboración propia

- Pasos peatonales o cruces de cebra

Cuadro 3. 16 Dimensiones de los pasos peatonales

Dimensiones medidas (m)					
Punto	Largo mínimo	Largo máximo	Punto	Largo mínimo	Largo máximo
1	3,00	4,05	16	3,00	3,05
2	3,00	3,00	17	3,00	3,04
3	2,96	2,99	18	2,98	3,00
4	2,96	3,04	19	3,00	3,00
5	3,03	3,41	20	3,00	3,00
6	2,90	3,02	21	2,72	3,04
7	2,41	3,24	22	3,50	3,55
8	2,59	3,00	23	3,00	3,05
9	2,50	3,07	24	2,97	3,01
10	3,00	3,94	25	3,50	4,02
11	3,00	3,04	26	3,00	3,02
12	4,03	4,07	27	-	-
13	3,02	3,10	28	3,00	3,00
14	2,99	3,03	29	2,97	3,02
15	2,50	3,00	30	2,93	3,10

Dimensiones medidas (m)					
Punto	Ancho mínimo	Ancho máximo	Punto	Ancho mínimo	Ancho máximo
1	0,38	0,41	16	0,40	0,40
2	0,39	0,40	17	0,39	0,40
3	0,40	0,40	18	0,39	0,40
4	0,40	0,40	19	0,39	0,40
5	0,40	0,43	20	0,40	0,40
6	0,39	0,40	21	0,38	0,40
7	0,40	0,41	22	0,40	0,41
8	0,38	0,41	23	0,40	0,41
9	0,39	0,41	24	0,40	0,41
10	0,38	0,40	25	0,38	0,41
11	0,40	0,42	26	0,40	0,40
12	0,38	0,40	27	-	-
13	0,40	0,41	28	0,39	0,40
14	0,40	0,41	29	0,40	0,43
15	0,39	0,41	30	0,40	0,41

Fuente: Elaboración propia

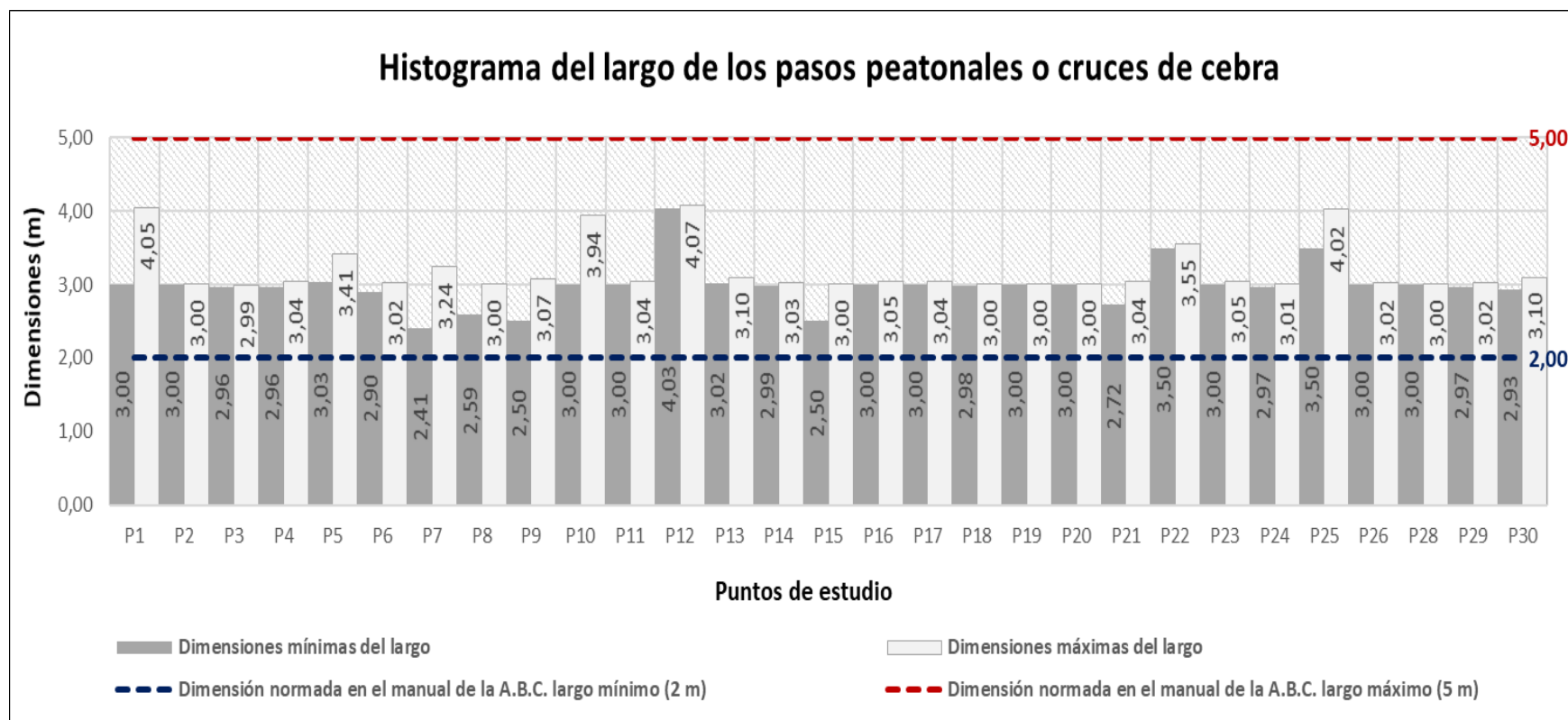
Cuadro 3. 17 Resumen estadístico de las dimensiones medidas

Largo mínimo		Largo máximo	
Media	2,98	Media	3,20
Mediana	3,00	Mediana	3,04
Moda	3,00	Moda	3,00
Desviación estándar	0,31	Desviación estándar	0,36
Varianza de la muestra	0,095	Varianza de la muestra	0,13
Coeficiente de variación	10,35%	Coeficiente de variación	11,10%
Rango	1,62	Rango	1,08
Mínimo	2,41	Mínimo	2,99
Máximo	4,03	Máximo	4,07
Cuenta	29	Cuenta	29

Ancho mínimo		Ancho máximo	
Media	0,39	Media	0,41
Mediana	0,40	Mediana	0,41
Moda	0,40	Moda	0,40
Desviación estándar	0,0081	Desviación estándar	0,0085
Varianza de la muestra	0,00006	Varianza de la muestra	0,00007
Coeficiente de variación	2,05%	Coeficiente de variación	2,09%
Rango	0,02	Rango	0,03
Mínimo	0,38	Mínimo	0,40
Máximo	0,40	Máximo	0,43
Cuenta	29	Cuenta	29

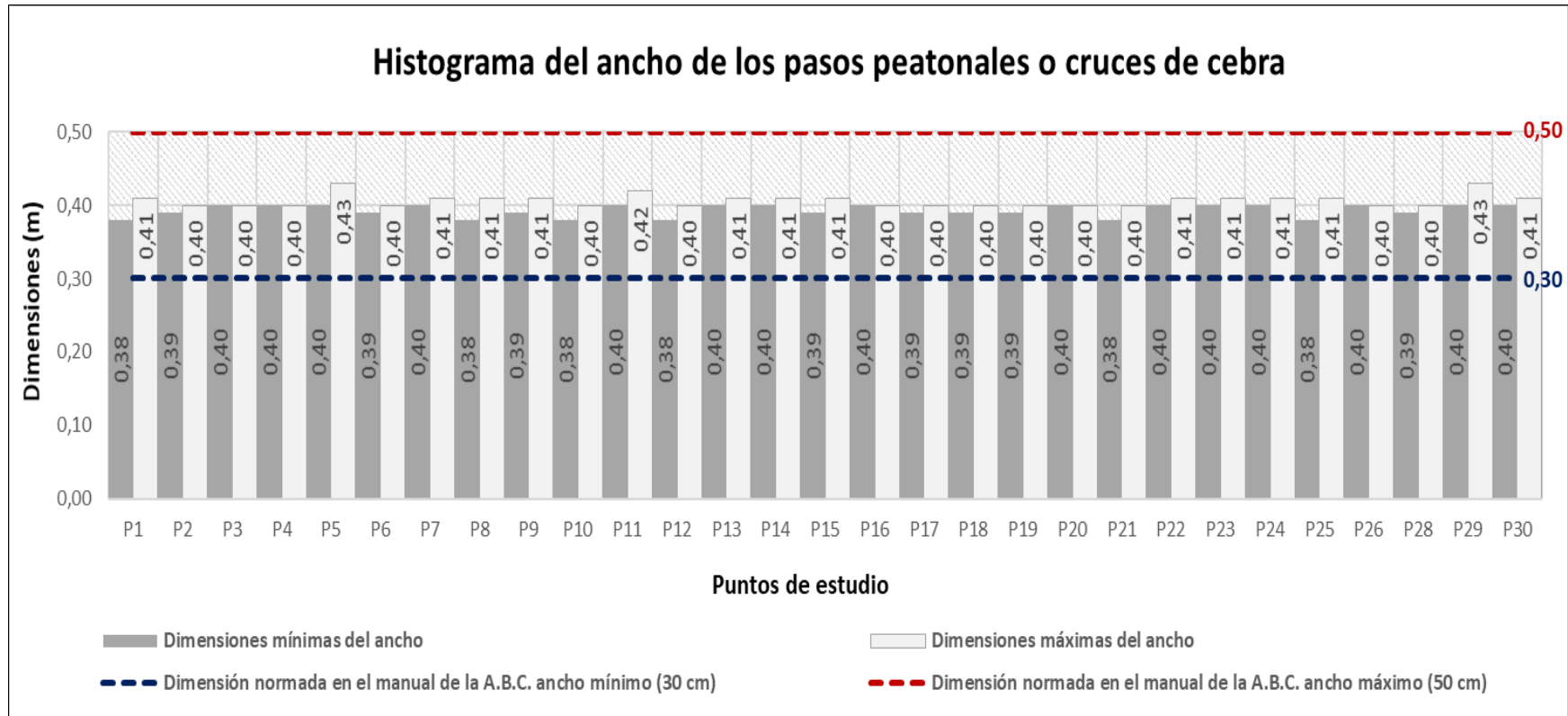
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 7 Distribución del largo de los pasos peatonales



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.8 Distribución del ancho de los pasos peatonales



Fuente: Elaboración propia

- Cordones de acera y áreas verdes

Cuadro 3. 18 Dimensiones de los cordones de acera

Dimensiones medidas (m)					
Punto	Ancho mínimo	Ancho máximo	Punto	Ancho mínimo	Ancho máximo
1	0,08	0,12	16	0,08	0,16
2	-	-	17	0,08	0,17
3	0,09	0,16	18	0,08	0,15
4	0,09	0,09	19	0,06	0,12
5	0,08	0,15	20	0,09	0,10
6	0,09	0,15	21	0,08	0,10
7	0,08	0,15	22	0,14	0,15
8	0,09	0,10	23	0,09	0,10
9	0,07	0,11	24	0,07	0,10
10	0,08	0,20	25	0,10	0,20
11	0,09	0,10	26	0,08	0,19
12	-	-	27	0,10	0,15
13	0,09	0,10	28	0,08	0,18
14	0,08	0,20	29	0,08	0,10
15	0,08	0,10	30	0,08	0,10

Dimensiones medidas (m)					
Punto	Altura mínima	Altura máxima	Punto	Altura mínima	Altura máxima
1	0,14	0,20	16	0,19	0,20
2	-	-	17	0,10	0,16
3	0,17	0,21	18	0,09	0,16
4	0,15	0,16	19	0,10	0,20
5	0,11	0,17	20	0,09	0,14
6	0,08	0,17	21	0,14	0,22
7	0,10	0,23	22	0,12	0,15
8	0,14	0,23	23	0,12	0,18
9	0,12	0,17	24	0,14	0,30
10	0,07	0,17	25	0,15	0,22
11	0,14	0,18	26	0,14	0,20
12	-	-	27	0,13	0,17
13	0,12	0,18	28	0,10	0,20
14	0,11	0,16	29	0,15	0,20
15	0,14	0,20	30	0,13	0,19

Fuente: Elaboración propia

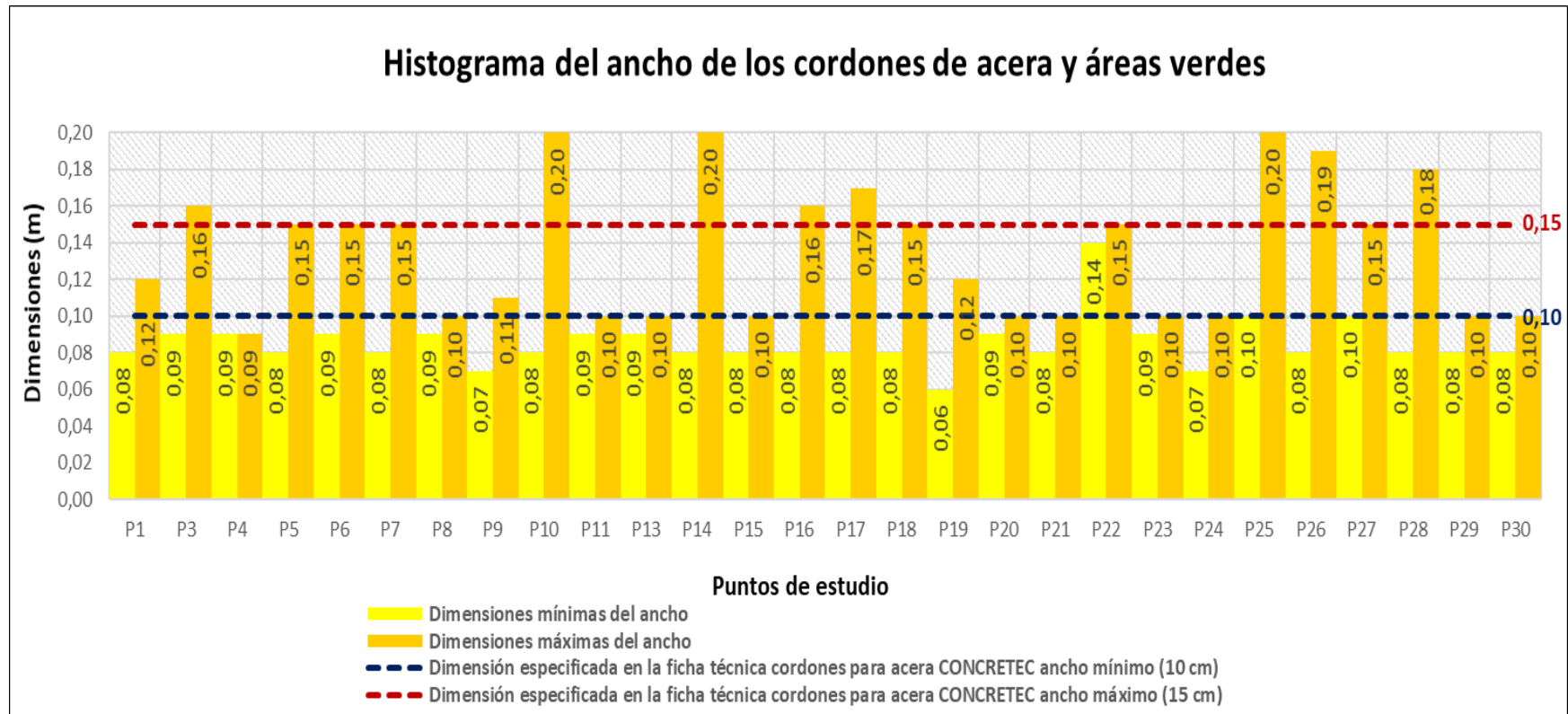
Cuadro 3. 19 Resumen estadístico de las dimensiones medidas

Ancho mínimo		Ancho máximo	
Media	0,09	Media	0,14
Mediana	0,08	Mediana	0,14
Moda	0,08	Moda	0,10
Desviación estándar	0,014	Desviación estándar	0,037
Varianza de la muestra	0,00019	Varianza de la muestra	0,0014
Coeficiente de variación	16,17%	Coeficiente de variación	27,23%
Rango	0,08	Rango	0,11
Mínimo	0,06	Mínimo	0,09
Máximo	0,14	Máximo	0,20
Cuenta	28	Cuenta	28

Altura mínima		Altura máxima	
Media	0,12	Media	0,19
Mediana	0,13	Mediana	0,19
Moda	0,14	Moda	0,20
Desviación estándar	0,027	Desviación estándar	0,032
Varianza de la muestra	0,00075	Varianza de la muestra	0,0010
Coeficiente de variación	22,05%	Coeficiente de variación	17,01%
Rango	0,12	Rango	0,16
Mínimo	0,07	Mínimo	0,14
Máximo	0,19	Máximo	0,30
Cuenta	28	Cuenta	28

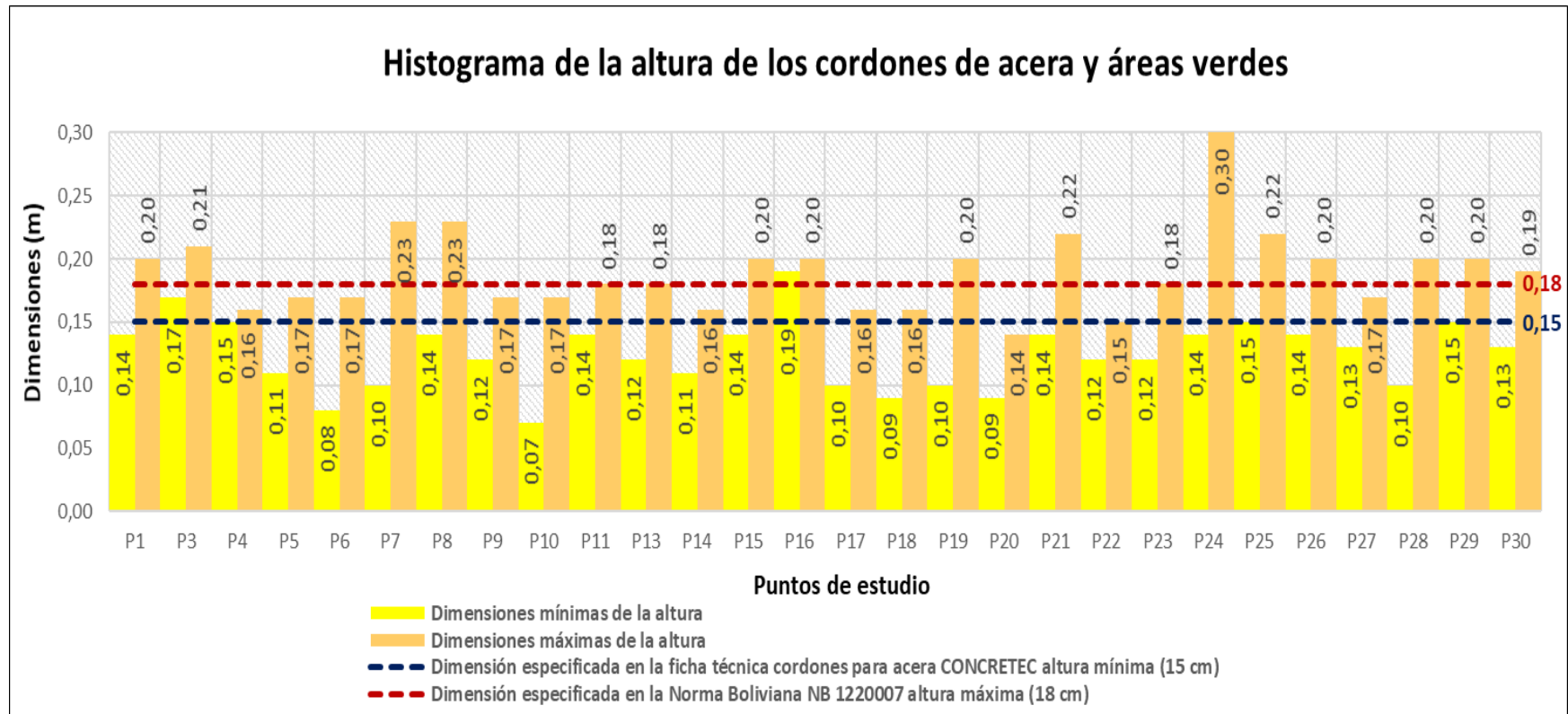
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 9 Distribución del ancho de los cordones de acera



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 10 Distribución de la altura de los cordones de acera



Fuente: Elaboración propia

➤ **Análisis de las dimensiones de las demarcaciones viales**

Para este análisis, se compararon las medidas tomadas en campo con los rangos establecidos en el Manual de la ABC. En el caso de los cordones de acera, también se consideraron las especificaciones técnicas de CONCRETEC y la norma NB 1220007 como referencia. A continuación, se detallan los principales resultados por tipo de demarcación, evaluando su cumplimiento y funcionalidad.

a. Líneas de separación de carriles

- **Norma:** Ancho entre 12 cm y 15 cm.
- **Resultados:** Ancho promedio de 10 cm (rango: 5 cm – 18 cm).
- **Análisis:** El 81% de los puntos medidos presenta un ancho menor al mínimo exigido, lo que indica desgaste o aplicación deficiente. Además, un 13% supera el máximo permitido. Esta falta de uniformidad afecta la visibilidad y puede generar confusión en la conducción, aumentando el riesgo de maniobras incorrectas.

b. Resaltos o rompe muelles

- **Norma:** Longitud mínima de 3,70 m; altura mínima de 7 cm.
- **Resultados:** Longitud promedio de 2,86 m (rango: 1,84 m – 3,47 m); altura promedio de 8 cm (rango: 6 cm – 10 cm).
- **Análisis:** Ninguno cumple con la longitud mínima y el 43% tiene una altura inferior a la normativa. Esto reduce la eficacia de los resaltos para controlar la velocidad y puede causar incomodidad o daños en los vehículos.

c. Flechas direccionales

- **Norma:** Largo entre 3,90 m y 4 m; ancho mínimo de 30 cm.
- **Resultados:** Largo promedio de 3,26 m (rango: 2,45 m – 3,87 m); ancho promedio de 39 cm (rango: 36 cm – 42 cm).
- **Análisis:** Ninguna flecha alcanza el largo mínimo, aunque todas cumplen con el ancho. La longitud insuficiente reduce su visibilidad, especialmente en intersecciones donde son clave para orientar a los conductores.

d. Líneas de detención o pare

- **Norma:** Ancho entre 20 cm y 30 cm.
- **Resultados:** Ancho promedio de 39 cm (rango: 35 cm – 42 cm).
- **Análisis:** Todas las líneas superan el ancho máximo permitido. Aunque esto mejora la visibilidad, afecta la uniformidad requerida, lo que puede confundir en la señalización horizontal.

e. Pasos peatonales o cruces de cebra

- **Norma:** Largo entre 2 m y 5 m; ancho entre 30 cm y 50 cm.
- **Resultados:** Largo promedio de 2,98 m (rango: 2,41 m – 4,07 m); ancho promedio de 39 cm (rango: 38 cm – 43 cm).
- **Análisis:** Todos cumplen con los valores normativos, lo que garantiza buena visibilidad y seguridad para los peatones, especialmente en zonas de alta circulación.

f. Cordones de acera

- **Norma:** Ancho entre 10 cm y 15 cm; altura entre 15 cm y 18 cm.
- **Resultados:** Ancho promedio de 9 cm (rango: 6 cm – 20 cm); altura promedio de 12 cm (rango: 7 cm – 30 cm).
- **Análisis:** El 96% no cumple con el ancho mínimo y el 93% presenta alturas inferiores a las exigidas. Estas deficiencias afectan la separación entre calzada y acera, dificultan el drenaje y reducen la seguridad para los peatones.

Conclusión del análisis

La mayoría de las demarcaciones no cumple con las dimensiones establecidas, principalmente por estar por debajo de los valores mínimos. Esta situación afecta la visibilidad, la coherencia en la señalización y la seguridad vial. Es fundamental mejorar la calidad de ejecución y el control en la aplicación de estas demarcaciones para asegurar una circulación segura y ordenada en la ciudad.

Tabla 3. 16 Comparación de las dimensiones de las marcas viales con la norma ABC

Tipo de marca vial	Dimensiones normadas (ABC)	Mínimo medido	Máximo medido	Promedio	Cumple (Sí/No)
Líneas de separación de carriles	Ancho: 12 - 15 cm	5 cm	18 cm	10 cm	☐
Rompe muelles	Longitud: $\geq 3,70$ m	1,84 m	3,47 m	2,86 m	☐
	Altura: ≥ 7 cm	6 cm	10 cm	8 cm	☒
Flechas direccionales	Largo: 3,90 – 4 m	2,45 m	3,87 m	3,26 m	☐
	Ancho: ≥ 30 cm	36 cm	42 cm	39 cm	☒
Líneas de detención	Ancho: 20 - 30 cm	35 cm	42 cm	39 cm	☐
Pasos peatonales	Largo: 2 - 5 m	2,41 m	4,07 m	2,98 m	☒
	Ancho: 30 - 50 cm	38 cm	43 cm	39 cm	☒
Cordones de acera	Ancho: 10 - 15 cm	6 cm	20 cm	9 cm	☐
	Altura: 15 - 18 cm	7 cm	30 cm	12 cm	☐

Fuente: Elaboración propia

Análisis comparativo de los resultados

La comparación entre las dimensiones medidas y lo establecido en la normativa revela varios incumplimientos que afectan la funcionalidad de las marcas viales:

- Las líneas de carril, resaltos, flechas direccionales, líneas de detención y cordones de acera presentan desviaciones respecto a las medidas requeridas, principalmente por estar fuera de los rangos mínimos o máximos permitidos. Estas diferencias afectan la visibilidad, legibilidad y efectividad de la señalización.
- Solo los pasos peatonales cumplen en todos los casos con la norma, contribuyendo positivamente a la seguridad del cruce peatonal.

En conjunto, estos resultados subrayan la necesidad de implementar controles más estrictos durante la ejecución y el mantenimiento de las marcas viales, para garantizar su correcta función y preservar la seguridad vial.

Tabla 3. 17 Comparación de las dimensiones de las marcas viales con normativas internacionales

Tipo de marca vial	Norma ABC (Bolivia)	Norma Paraguay		Norma Perú		Norma Colombia		Norma Chile		Norma Argentina		Norma Brasil		Cumple (ABC)
Línea de separación de carriles	Ancho mín: 12 cm	12 cm	☑	10 cm	☑	12 cm	☑	15 cm	☒	15 cm	☒	10 cm	☑	☑
Rompe muelles	Longitud mín: 3,70 m	3,70 m	☑	4,50 m	☒	3,70 m	☑	4 m	☒	3,80 m	☒	3,70 m	☑	☒
	Altura mín: 7 cm	10 cm	☒	10 cm	☒	10 cm	☒	6 cm	☑	6 cm	☑	8 cm	☒	☒
Flechas direccionales	Largo mín: 3,90 m	5 m	☒	4,50 m	☒	5 m	☒	4 m	☒	3,40 m	☑	5 m	☒	☒
	Ancho mín: 30 cm	15 cm	☑	30 cm	☑	15 cm	☑	30 cm	☑	30 cm	☑	15 cm	☑	☑
Líneas de detención	Ancho mín: 20 cm	20 cm	☑	50 cm	☒	40 cm	☒	30 cm	☒	50 cm	☒	40 cm	☒	☒
Pasos peatonales	Largo mín: 2 m	2 m	☑	3 m	☒	2 m	☑	4 m	☒	3 m	☒	3 m	☒	☒
	Ancho mín: 30 cm	50 cm	☒	30 cm	☑	40 cm	☒	50 cm	☒	40 cm	☒	40 cm	☒	☒
Cordones de acera	Altura mín: 15 cm	15 cm	☑	20 cm	☒	30 cm	☒	20 cm	☒	15 cm	☑	30 cm	☒	☒

Fuente: Elaboración propia

Leyenda: ☑ Cumple con la dimensión establecida / ☒ No cumple con la dimensión establecida

➤ **Análisis comparativo con normativas internacionales**

Al comparar la normativa boliviana con la de otros países de la región, se identifican varios aspectos que deberían mejorarse:

- Las líneas de carril y los rompe muelles presentan dimensiones menores a los mínimos exigidos en la mayoría de los países analizados, lo que afecta su visibilidad y función.
- Las flechas direccionales cumplen con el ancho, pero no con el largo, lo que dificulta su reconocimiento por parte de los conductores.
- Aunque las líneas de detención y los pasos peatonales se ajustan a la norma nacional, no alcanzan los estándares más exigentes de países vecinos.
- Los cordones de acera son más bajos o angostos de lo recomendado, limitando su capacidad para delimitar correctamente y proteger al peatón.

Estos hallazgos indican que, además de cumplir con la normativa boliviana, sería recomendable considerar las prácticas internacionales para elevar la calidad y efectividad de las marcas viales.

3.12.2 Análisis de los espesores obtenidos de las demarcaciones viales

Cuadro 3. 20 Espesores de las marcas viales de color blanco

Espesores (mm)					
Punto	Mínimos	Máximos	Punto	Mínimos	Máximos
1	0,37	0,92	16	0,27	1,00
2	0,33	1,02	17	0,59	0,90
3	0,70	1,05	18	0,56	0,92
4	0,42	0,99	19	0,59	0,92
5	0,65	1,03	20	0,66	1,00
6	0,58	0,93	21	0,42	0,84
7	0,38	1,12	22	0,81	0,99
8	0,64	1,14	23	0,49	0,96
9	0,21	1,01	24	0,35	0,76
10	0,58	0,97	25	0,63	0,90
11	0,62	0,93	26	0,25	0,90
12	0,61	0,95	27	0,48	0,72
13	0,56	0,93	28	0,42	1,02
14	0,73	0,94	29	0,60	0,95
15	0,61	0,98	30	0,66	0,82

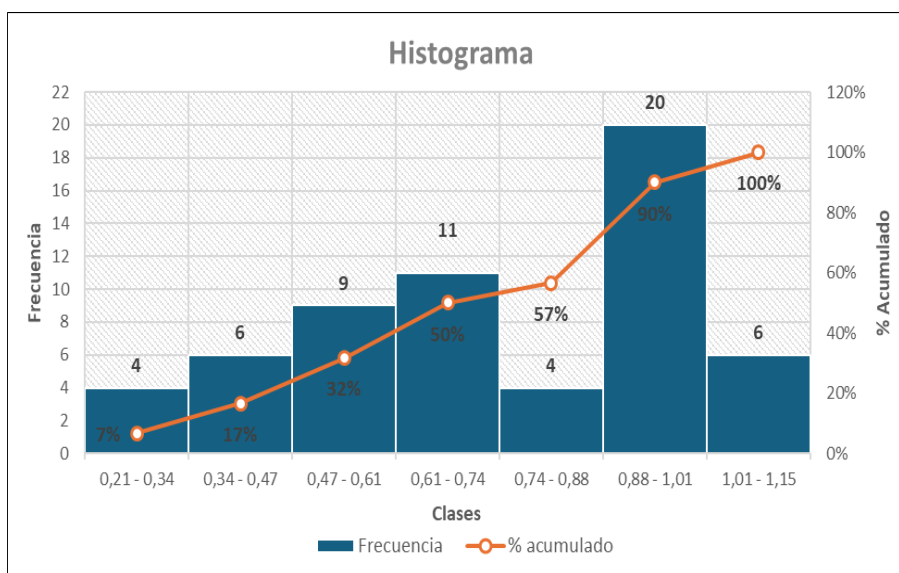
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 21 Distribución de frecuencias y porcentajes de espesores

Parámetros iniciales		
Cálculos previos	Fórmulas	Dato
Número de datos	Contar	60,00
Límite inferior	Mín	0,21
Límite superior	Máx	1,14
Rango	Máx - Mín	0,93
Número de intervalos	$1+3,322 \log (\text{Número de datos})$	6,91
Tamaño de clase o amplitud	Rango / Número de intervalos	0,13

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 11 Histograma de la distribución de espesores



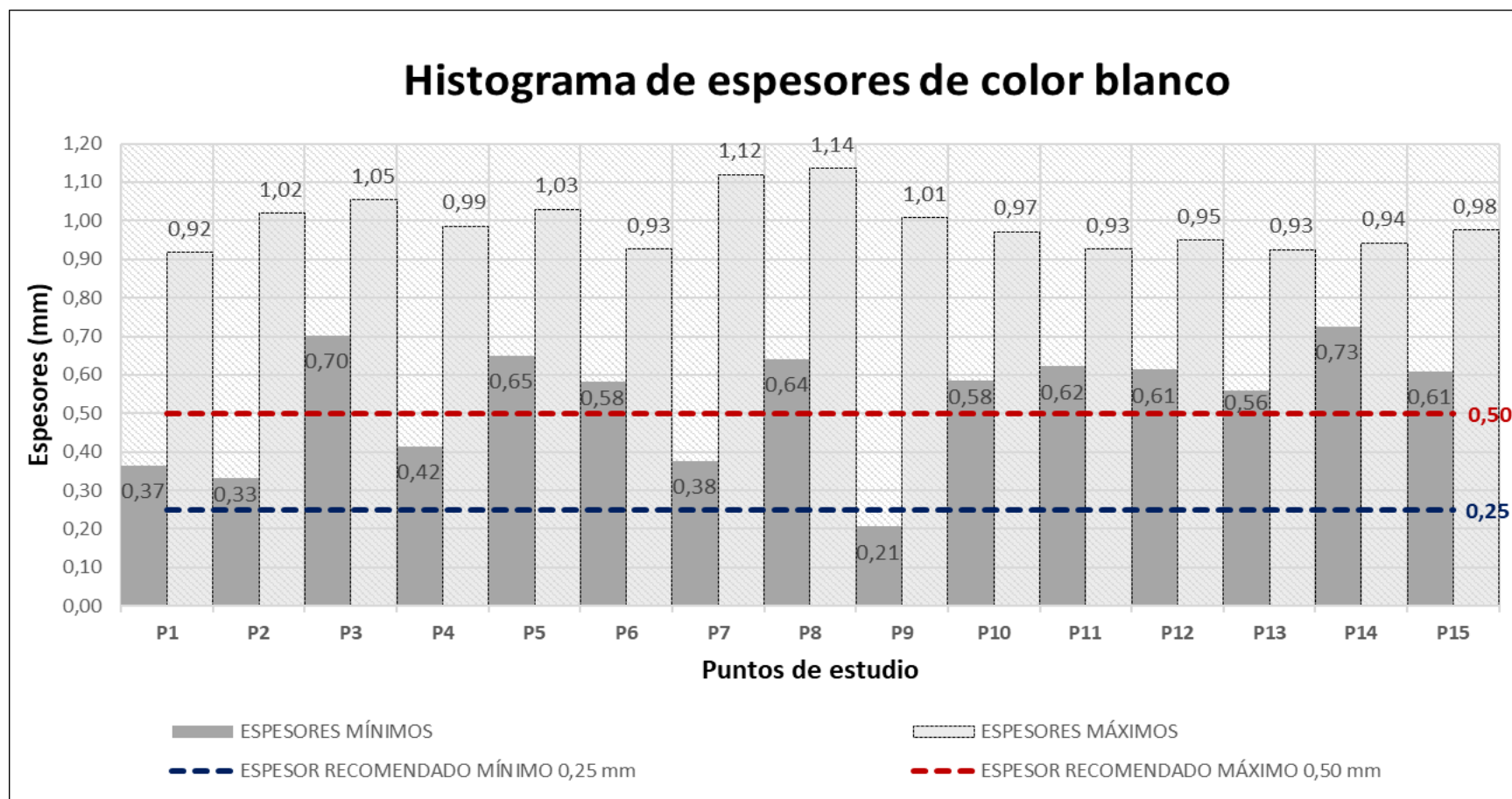
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 22 Resumen estadístico de los espesores

Espesores mínimos		Espesores máximos	
Media	0,53	Media	0,95
Mediana	0,58	Mediana	0,95
Moda	0,42	Moda	0,92
Desviación estándar	0,15	Desviación estándar	0,090
Varianza de la muestra	0,023	Varianza de la muestra	0,0081
Coefficiente de variación	28,83%	Coefficiente de variación	9,45%
Rango	0,60	Rango	0,42
Mínimo	0,21	Mínimo	0,72
Máximo	0,81	Máximo	1,14
Cuenta	30	Cuenta	30

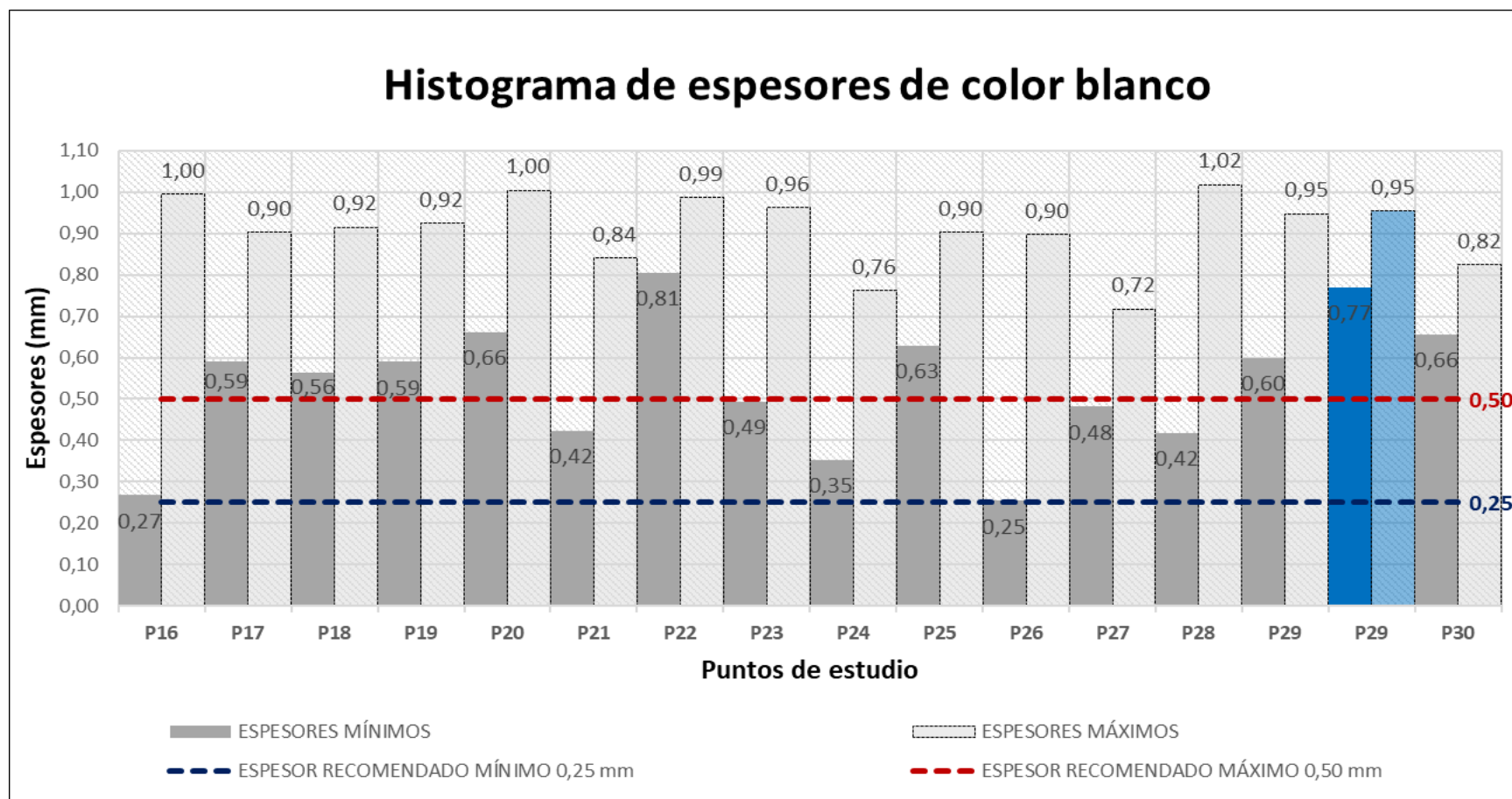
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 12 Histograma de espesores de marcas blancas (puntos 1 al 15)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 13 Histograma de espesores de marcas blancas (puntos 16 al 30)



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 23 Espesores de las marcas viales de color amarillo

Espesores (mm)					
Punto	Mínimos	Máximos	Punto	Mínimos	Máximos
1	0,63	0,98	16	0,38	0,66
2	0,44	0,81	17	0,41	0,86
3	0,52	0,90	18	0,35	0,62
4	0,35	0,81	19	0,56	0,67
5	0,57	0,76	20	0,61	0,78
6	0,58	0,88	21	0,57	1,01
7	0,36	0,95	22	0,49	0,94
8	0,33	0,70	23	0,45	0,83
9	0,26	0,42	24	0,48	0,71
10	0,67	0,85	25	0,51	0,91
11	0,35	0,70	26	0,30	0,96
12	0,65	0,85	27	0,39	0,79
13	0,65	0,94	28	0,58	0,97
14	0,31	0,37	29	0,37	0,95
15	0,63	0,98	30	0,52	0,84

Fuente: Elaboración propia

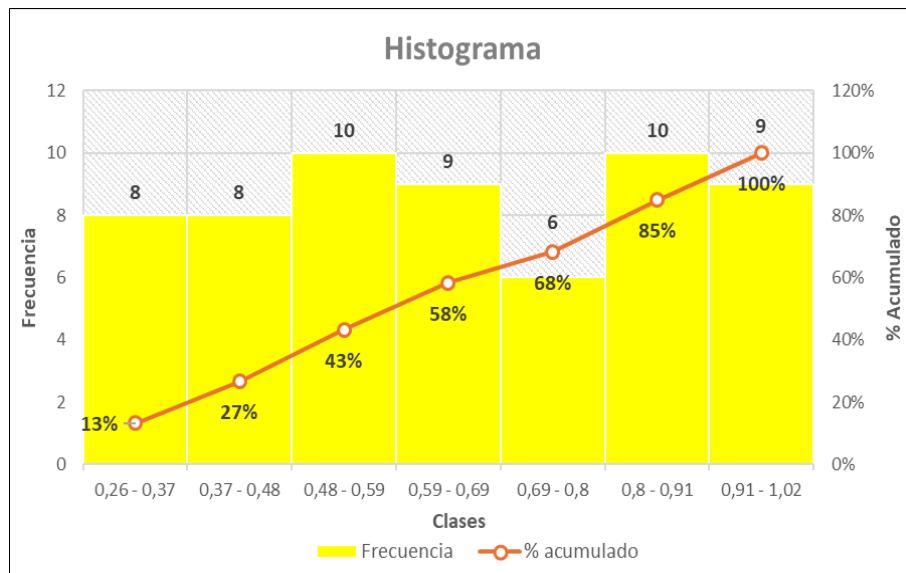
Cuadro 3. 24 Distribución de frecuencias y porcentajes de espesores

Parámetros iniciales		
Cálculos previos	Fórmulas	Dato
Número de datos	Contar	60,00
Límite inferior	Mín	0,26
Límite superior	Máx	1,01
Rango	Máx - Mín	0,75
Número de intervalos	$1+3,322 \log (\text{Número de datos})$	6,91
Tamaño de clase o amplitud	Rango / Número de intervalos	0,11

Clase	Frecuencia	F. acumulada	% Frecuencia	% Acumulado
0,26 - 0,37	8	8	13%	13%
0,37 - 0,48	8	16	13%	27%
0,48 - 0,59	10	26	17%	43%
0,59 - 0,69	9	35	15%	58%
0,69 - 0,80	6	41	10%	68%
0,80 - 0,91	10	51	17%	85%
0,91 - 1,02	9	60	15%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 14 Histograma de la distribución de espesores



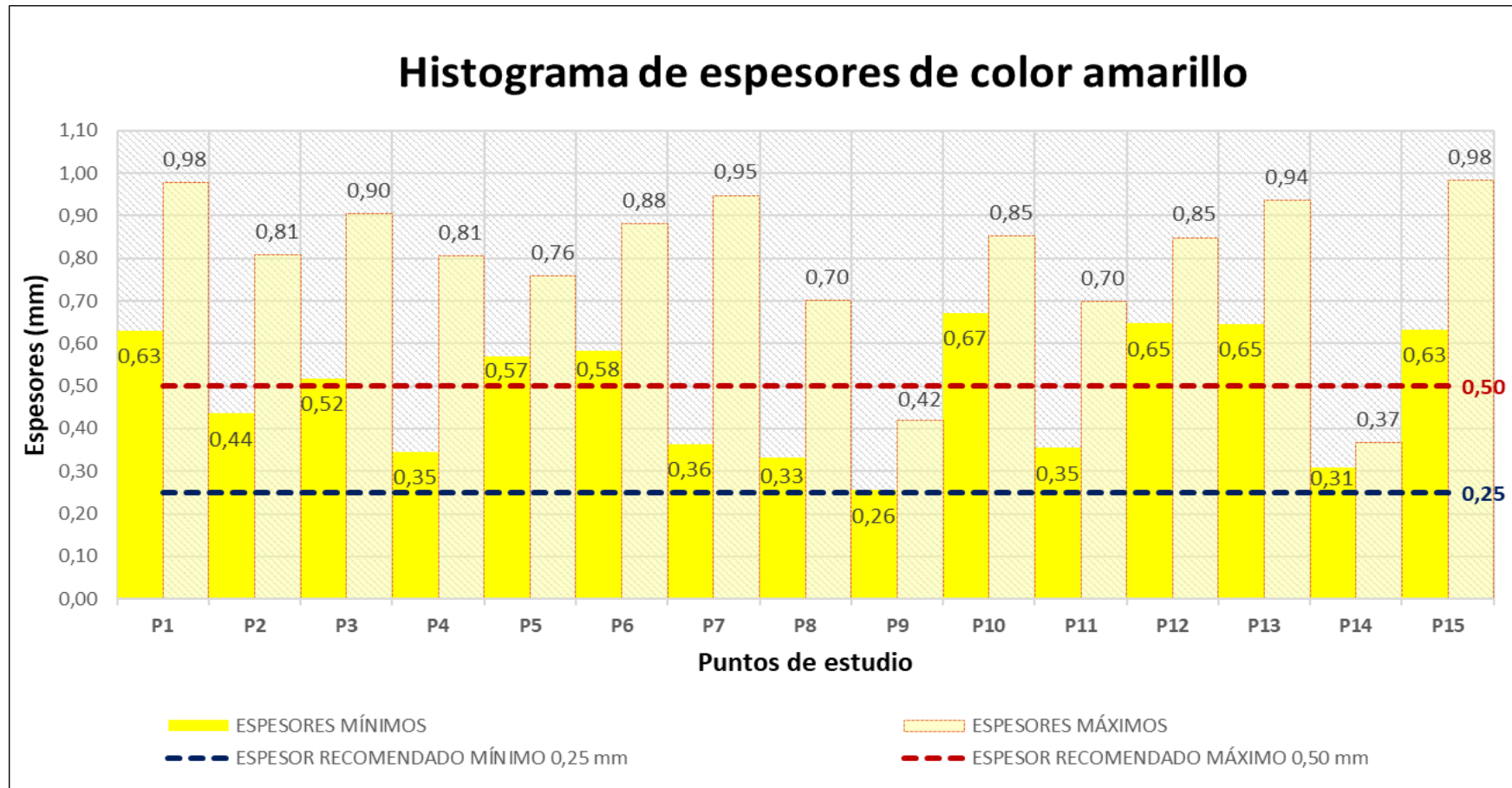
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 25 Resumen estadístico de los espesores

Espesores mínimos		Espesores máximos	
Media	0,48	Media	0,81
Mediana	0,49	Mediana	0,85
Moda	0,35	Moda	0,98
Desviación estándar	0,12	Desviación estándar	0,16
Varianza de la muestra	0,015	Varianza de la muestra	0,024
Coeficiente de variación	25,81%	Coeficiente de variación	19,24%
Rango	0,41	Rango	0,64
Mínimo	0,26	Mínimo	0,37
Máximo	0,67	Máximo	1,01
Cuenta	30	Cuenta	30

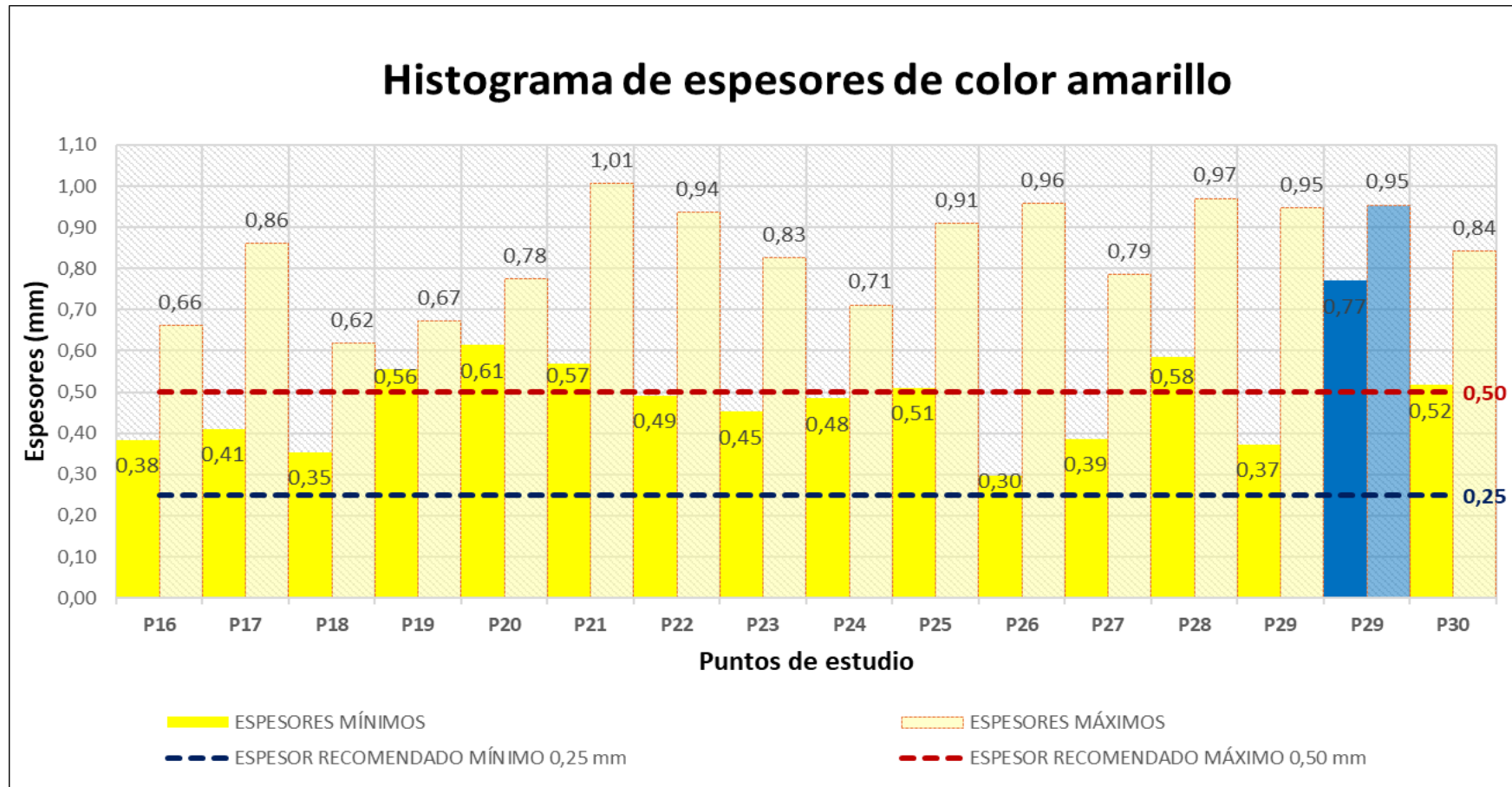
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 15 Histograma de espesores de marcas amarillas (puntos 1 al 15)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 16 Histograma de espesores de marcas amarillas (puntos 16 al 30)



Fuente: Elaboración propia

3.12.3 Análisis de los pesos volumétricos obtenidos de las demarcaciones viales

Cuadro 3. 26 Pesos volumétricos de las marcas viales de color blanco

Pesos volumétricos (g/cm ³)					
Punto	Mínimos	Máximos	Punto	Mínimos	Máximos
1	1,29	1,45	16	0,97	1,34
2	1,10	1,55	17	0,90	1,42
3	0,99	1,53	18	1,19	1,47
4	0,90	1,52	19	0,95	1,38
5	1,09	1,42	20	1,00	1,30
6	0,98	1,27	21	0,99	1,34
7	1,00	1,43	22	0,90	1,33
8	0,95	1,29	23	1,13	1,48
9	0,98	1,50	24	1,22	1,45
10	1,24	1,48	25	1,25	1,43
11	1,20	1,47	26	1,00	1,40
12	1,18	1,44	27	0,92	1,28
13	1,15	1,49	28	1,19	1,48
14	1,19	1,39	29	0,90	1,29
15	0,96	1,26	30	0,97	1,42

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 27 Distribución de frecuencias y porcentajes de pesos volumétricos

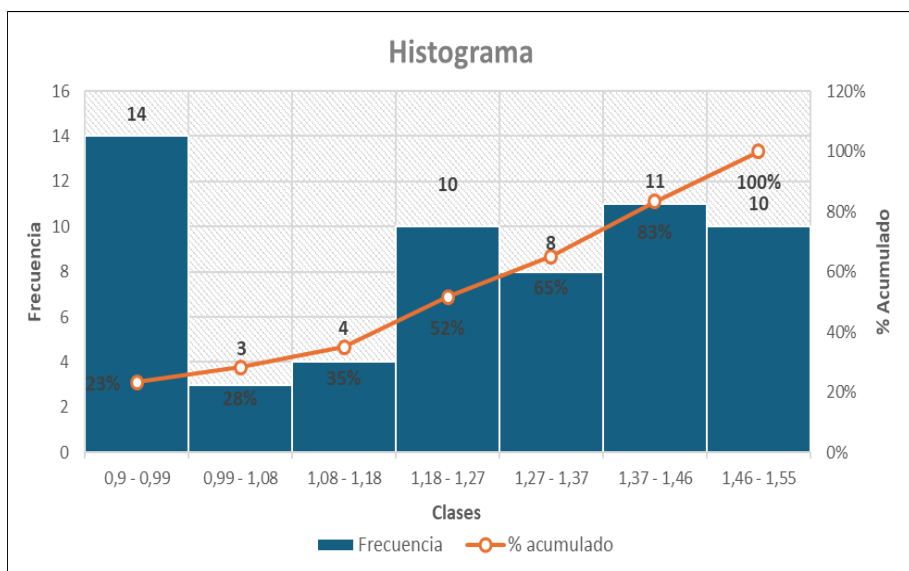
Parámetros iniciales		
Cálculos previos	Fórmulas	Dato
Número de datos	Contar	60,00
Límite inferior	Mín	0,90
Límite superior	Máx	1,55
Rango	Máx - Mín	0,65
Número de intervalos	$1+3,322 \log (\text{Número de datos})$	6,91
Tamaño de clase o amplitud	Rango / Número de intervalos	0,09

Número de intervalos	Límite inferior	Límite superior
0		
1	0,90	0,99
2	0,99	1,08
3	1,08	1,18
4	1,18	1,27
5	1,27	1,37
6	1,37	1,46
7	1,46	1,55

Clase	Frecuencia	F. acumulada	% Frecuencia	% Acumulado
0,90 - 0,99	14	14	23%	23%
0,99 - 1,08	3	17	5%	28%
1,08 - 1,18	4	21	7%	35%
1,18 - 1,27	10	31	17%	52%
1,27 - 1,37	8	39	13%	65%
1,37 - 1,46	11	50	18%	83%
1,46 - 1,55	10	60	17%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 17 Histograma de la distribución de pesos volumétricos



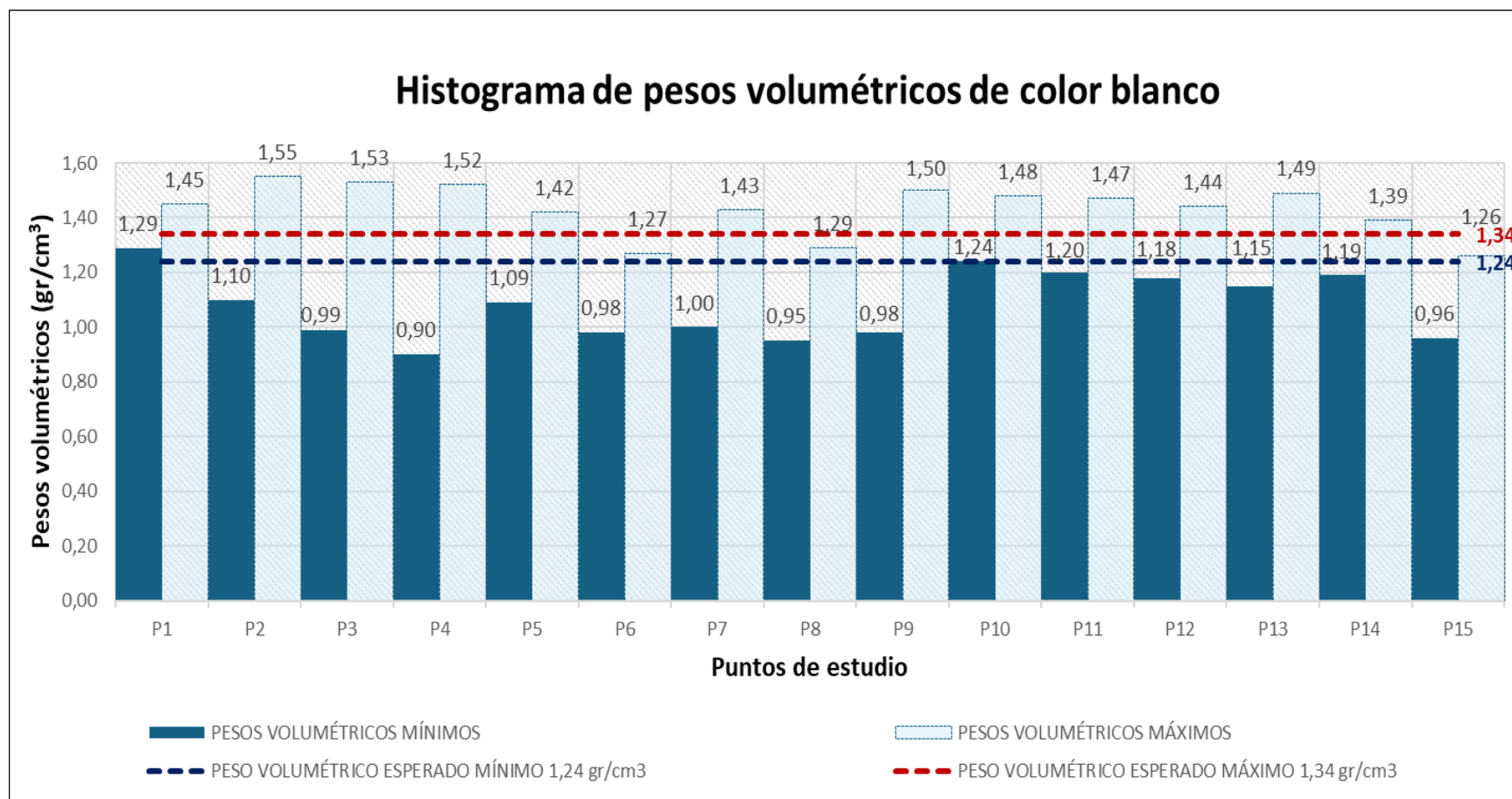
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 28 Resumen estadístico de los pesos volumétricos

Pesos volumétricos mínimos		Pesos volumétricos máximos	
Media	1,06	Media	1,41
Mediana	1,00	Mediana	1,43
Moda	0,90	Moda	1,42
Desviación estándar	0,12	Desviación estándar	0,084
Varianza de la muestra	0,016	Varianza de la muestra	0,0071
Coeficiente de variación	11,83%	Coeficiente de variación	5,97%
Rango	0,39	Rango	0,29
Mínimo	0,90	Mínimo	1,26
Máximo	1,29	Máximo	1,55
Cuenta	30	Cuenta	30

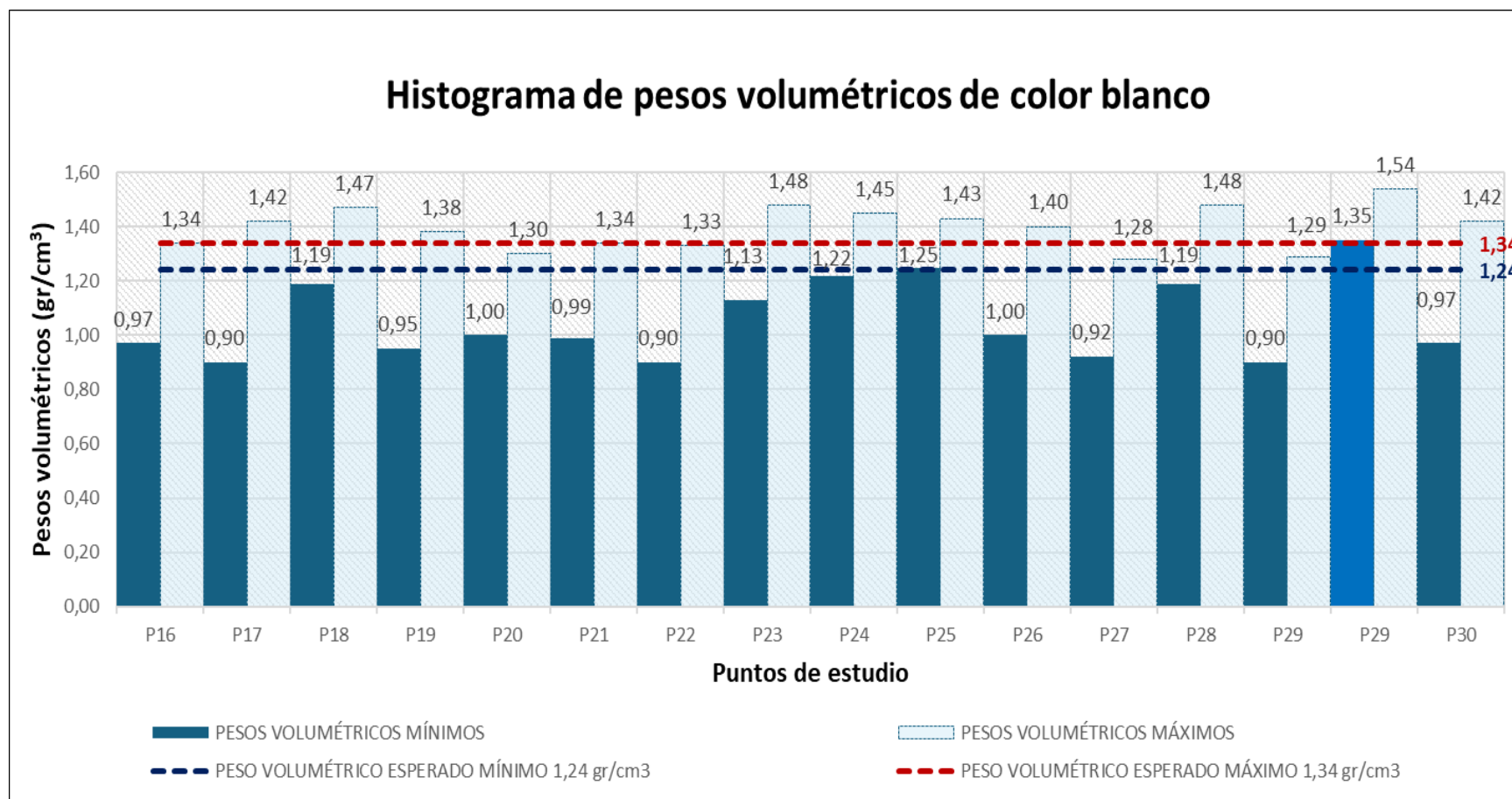
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 18 Histograma de pesos volumétricos de marcas blancas (puntos 1 al 15)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 19 Histograma de pesos volumétricos de marcas blancas (puntos 16 al 30)



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 29 Pesos volumétricos de las marcas viales de color amarillo

Pesos volumétricos (g/cm ³)					
Punto	Mínimos	Máximos	Punto	Mínimos	Máximos
1	1,16	1,56	16	1,33	1,55
2	1,08	1,45	17	1,35	1,52
3	1,07	1,47	18	0,98	1,44
4	1,14	1,55	19	1,00	1,38
5	1,20	1,46	20	1,32	1,50
6	1,24	1,51	21	1,11	1,49
7	0,95	1,44	22	1,33	1,43
8	1,17	1,55	23	1,05	1,42
9	1,15	1,50	24	1,30	1,48
10	1,00	1,41	25	1,34	1,52
11	1,31	1,53	26	1,30	1,57
12	0,97	1,35	27	1,00	1,42
13	1,34	1,57	28	1,16	1,47
14	1,32	1,49	29	0,92	1,35
15	1,30	1,48	30	1,30	1,45

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 30 Distribución de frecuencias y porcentajes de pesos volumétricos

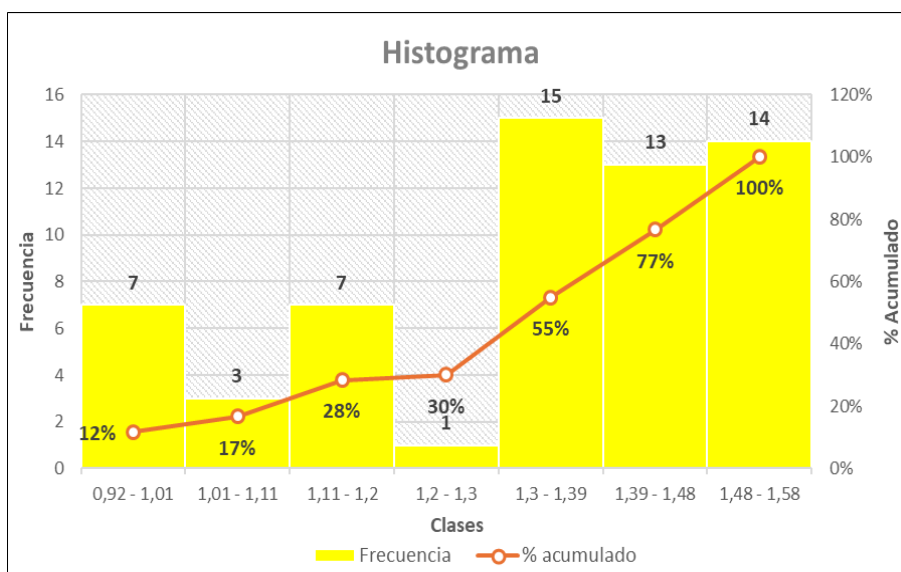
Parámetros iniciales		
Cálculos previos	Fórmulas	Dato
Número de datos	Contar	60,00
Límite inferior	Mín	0,92
Límite superior	Máx	1,57
Rango	Máx - Mín	0,65
Número de intervalos	$1+3,322 \log (\text{Número de datos})$	6,91
Tamaño de clase o amplitud	Rango / Número de intervalos	0,09

Número de intervalos	Límite inferior	Límite superior
0		
1	0,92	1,01
2	1,01	1,11
3	1,11	1,20
4	1,20	1,30
5	1,30	1,39
6	1,39	1,48
7	1,48	1,58

Clase	Frecuencia	F. acumulada	% Frecuencia	% Acumulado
0,92 - 1,01	7	7	12%	12%
1,01 - 1,11	3	10	5%	17%
1,11 - 1,20	7	17	12%	28%
1,20 - 1,30	1	18	2%	30%
1,30 - 1,39	15	33	25%	55%
1,39 - 1,48	13	46	22%	77%
1,48 - 1,58	14	60	23%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 20 Histograma de la distribución de pesos volumétricos



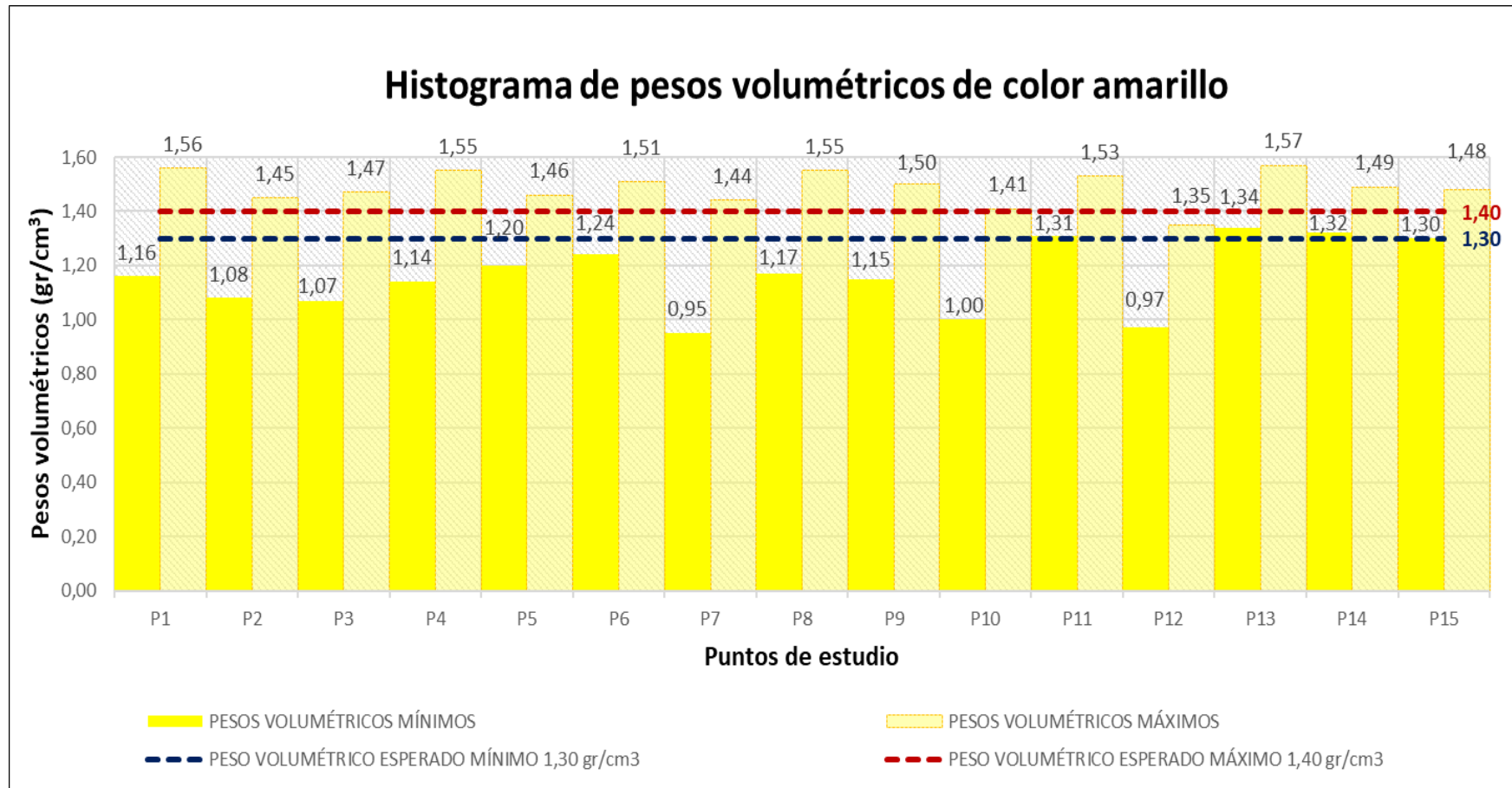
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 31 Resumen estadístico de los pesos volumétricos

Pesos volumétricos mínimos		Pesos volumétricos máximos	
Media	1,17	Media	1,48
Mediana	1,17	Mediana	1,48
Moda	1,30	Moda	1,55
Desviación estándar	0,14	Desviación estándar	0,061
Varianza de la muestra	0,020	Varianza de la muestra	0,0037
Coefficiente de variación	12,16%	Coefficiente de variación	4,14%
Rango	0,43	Rango	0,22
Mínimo	0,92	Mínimo	1,35
Máximo	1,35	Máximo	1,57
Cuenta	30	Cuenta	30

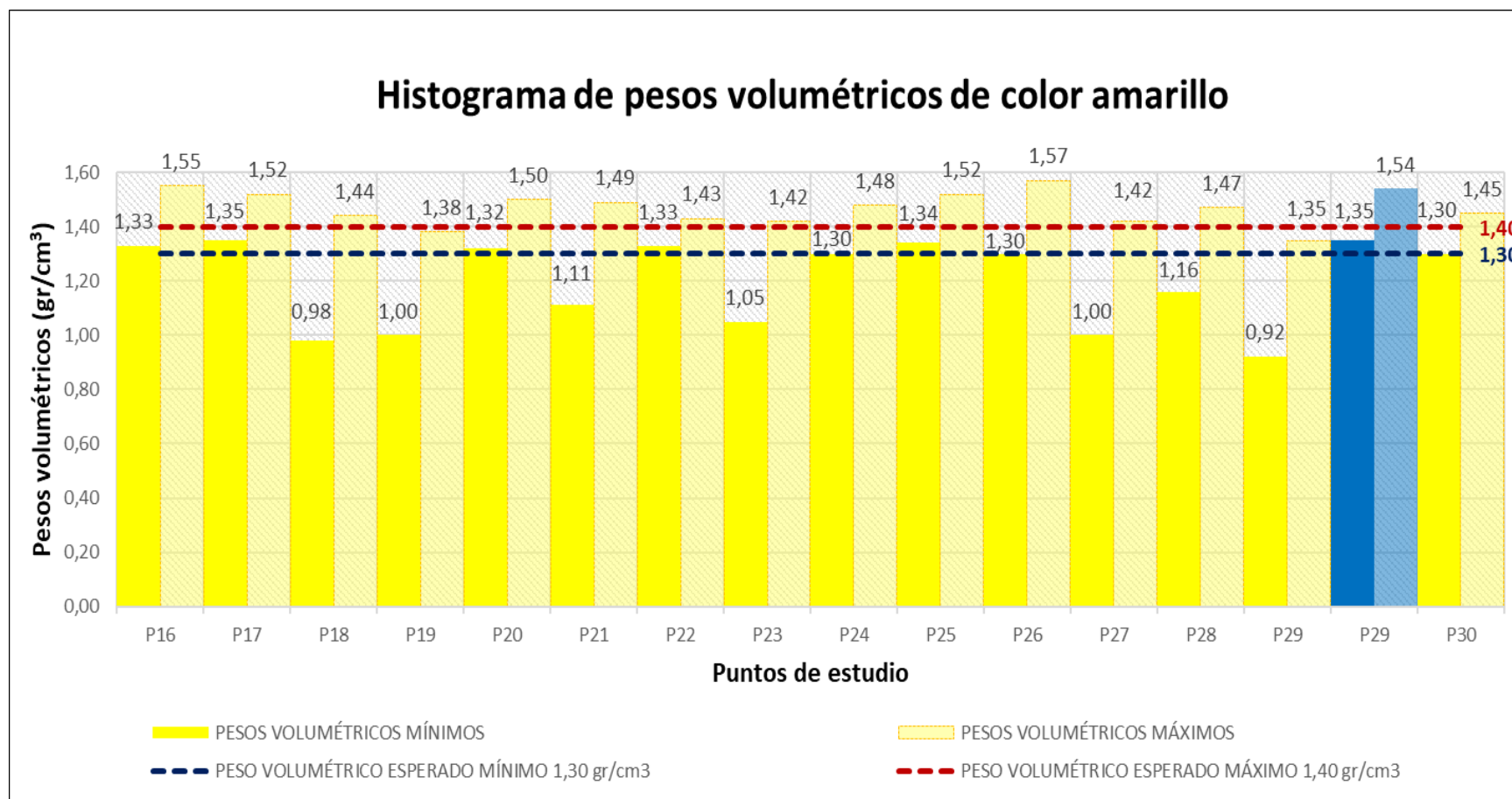
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 21 Histograma de pesos volumétricos de marcas amarillas (puntos 1 al 15)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 22 Histograma de pesos volumétricos de marcas amarillas (puntos 16 al 30)



Fuente: Elaboración propia

3.12.4 Análisis de la retrorreflectancia obtenida de las demarcaciones viales

Cuadro 3. 32 Retrorreflectancia de las marcas viales de color blanco

Retrorreflectancia (cd/m ² /lux)					
Punto	Mínima	Máxima	Punto	Mínima	Máxima
1	82	101	16	98	139
2	93	110	17	91	121
3	89	132	18	90	116
4	82	112	19	78	97
5	86	100	20	93	128
6	67	90	21	76	99
7	88	115	22	70	103
8	83	112	23	94	124
9	79	98	24	90	105
10	88	125	25	70	119
11	80	100	26	95	126
12	90	119	27	75	92
13	99	127	28	72	96
14	72	94	29	73	97
15	88	110	30	83	116

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 33 Distribución de frecuencias y porcentajes de retrorreflectancia

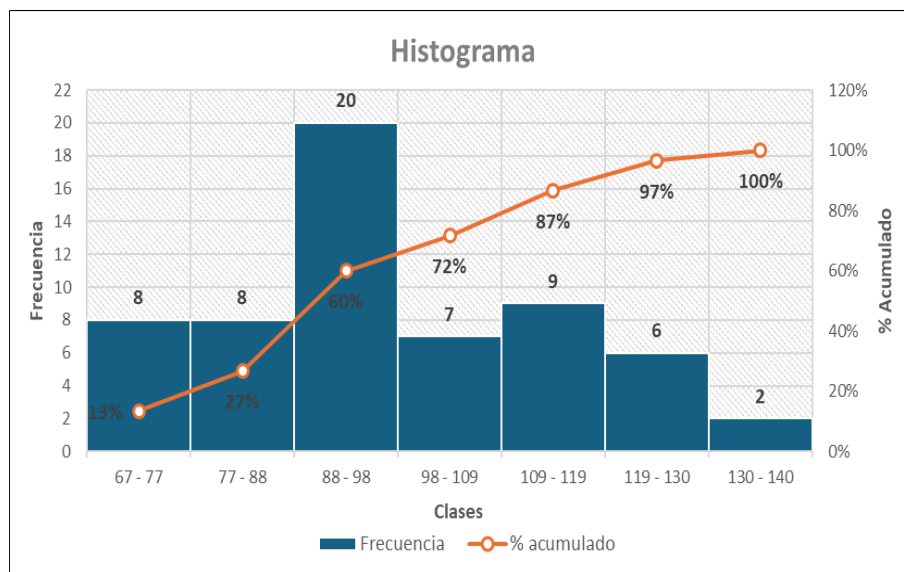
Parámetros iniciales		
Cálculos previos	Fórmulas	Dato
Número de datos	Contar	60,00
Límite inferior	Mín	67,00
Límite superior	Máx	139,00
Rango	Máx - Mín	72,00
Número de intervalos	$1+3,322 \log (\text{Número de datos})$	6,91
Tamaño de clase o amplitud	Rango / Número de intervalos	10,42

Número de intervalos	Límite inferior	Límite superior
0		
1	67	77
2	77	88
3	88	98
4	98	109
5	109	119
6	119	130
7	130	140

Clase	Frecuencia	F. acumulada	% Frecuencia	% Acumulado
67 - 77	8	8	13%	13%
77 - 88	8	16	13%	27%
88 - 98	20	36	33%	60%
98 - 109	7	43	12%	72%
109 - 119	9	52	15%	87%
119 - 130	6	58	10%	97%
130 - 140	2	60	3%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 23 Histograma de la distribución de retrorreflectancia



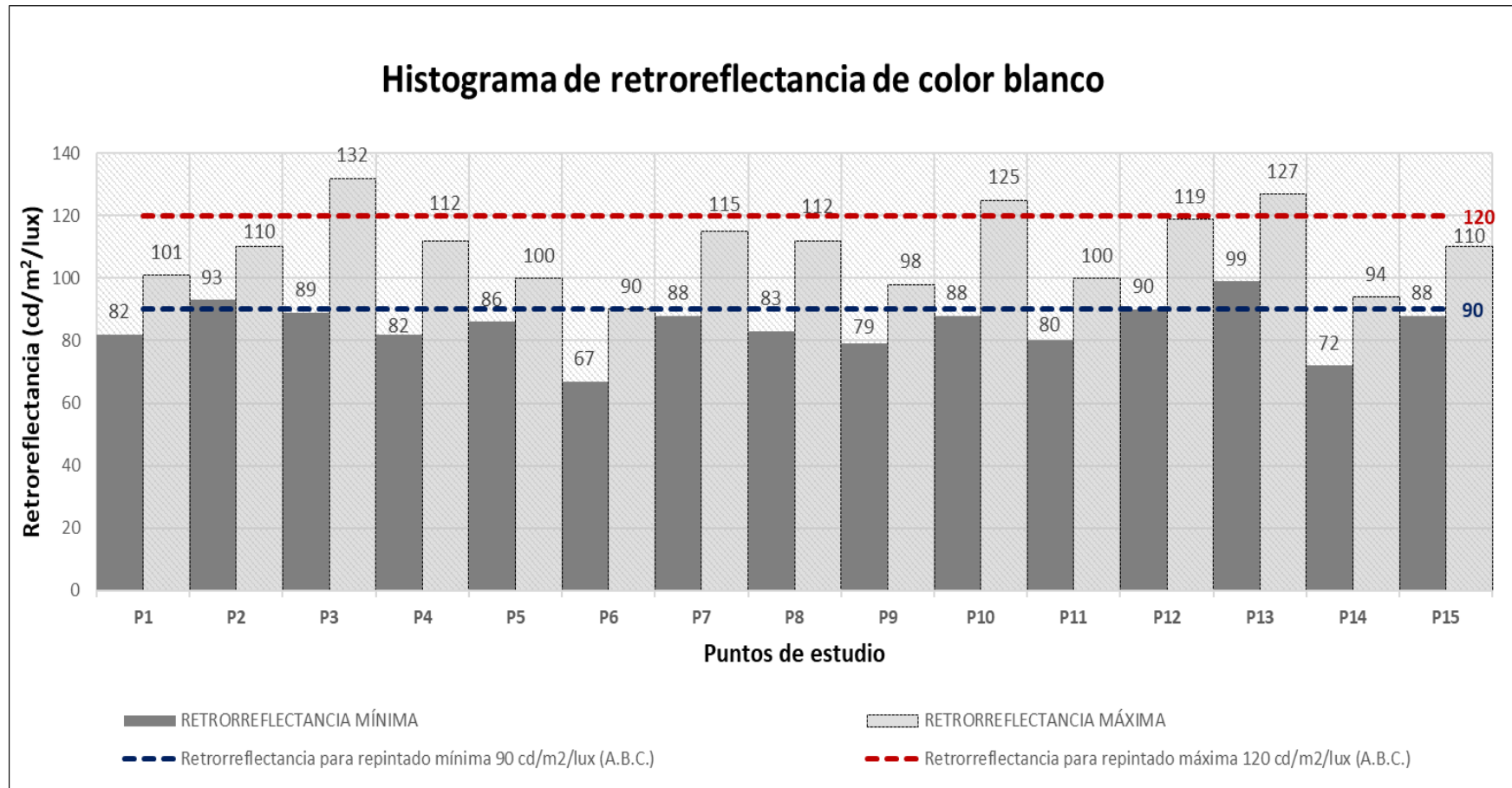
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 34 Resumen estadístico de la retrorreflectancia

Retrorreflectancia mínima		Retrorreflectancia máxima	
Media	83,80	Media	110,77
Mediana	84,50	Mediana	111,00
Moda	88,00	Moda	110,00
Desviación estándar	9,02	Desviación estándar	13,29
Varianza de la muestra	81,34	Varianza de la muestra	176,53
Coeficiente de variación	10,76%	Coeficiente de variación	11,99%
Rango	32	Rango	49
Mínimo	67	Mínimo	90
Máximo	99	Máximo	139
Cuenta	30	Cuenta	30

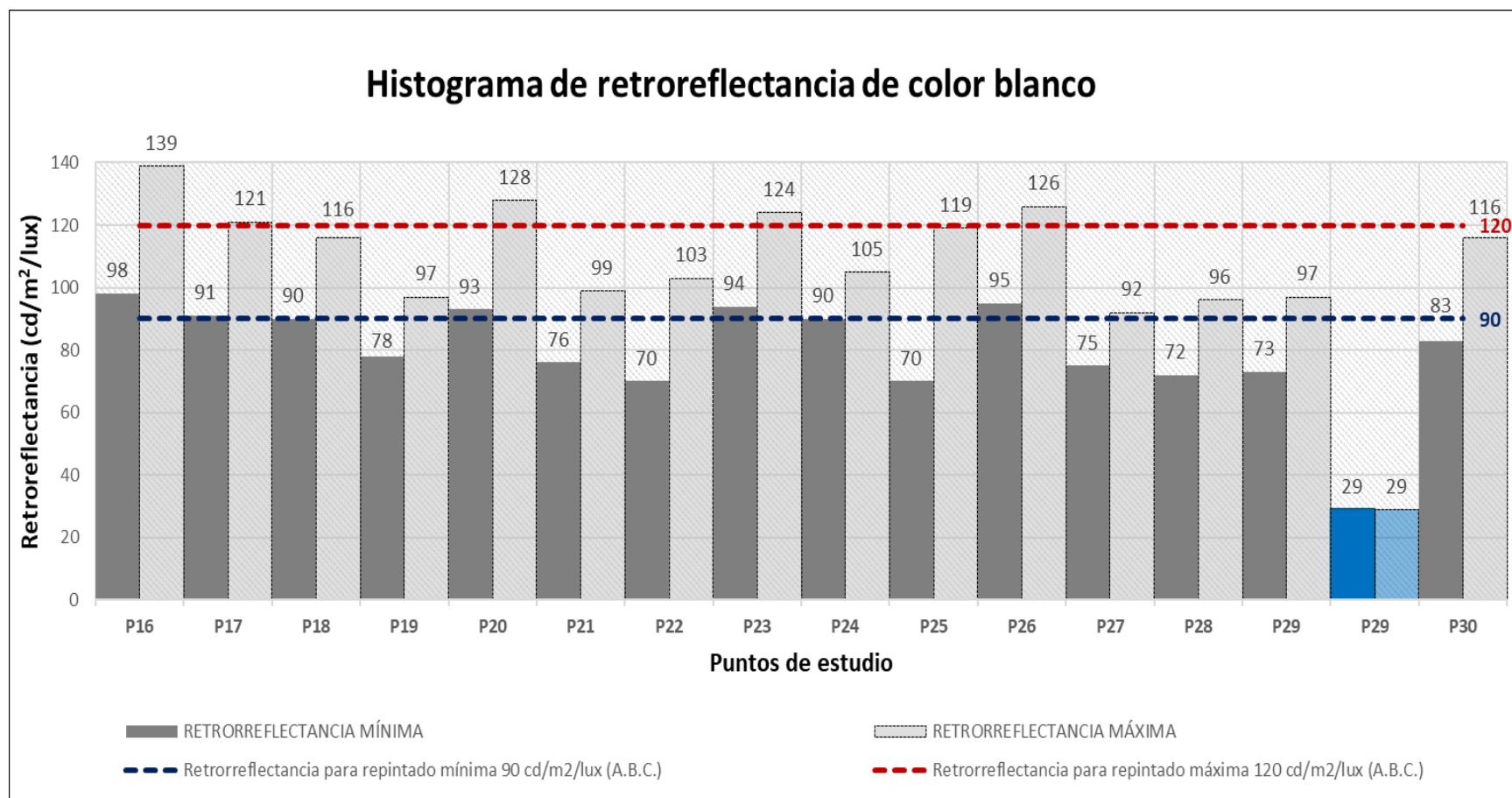
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 24 Histograma de retrorreflectancia de marcas blancas (puntos 1 al 15)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 25 Histograma de retrorreflectancia de marcas blancas (puntos 16 al 30)



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 35 Retroreflectancia de las marcas viales de color amarillo

Retroreflectancia (cd/m ² /lux)					
Punto	Mínima	Máxima	Punto	Mínima	Máxima
1	78	78	16	81	105
2	51	87	17	65	99
3	72	85	18	77	77
4	54	92	19	67	67
5	83	91	20	79	79
6	62	62	21	59	87
7	69	86	22	77	100
8	73	73	23	95	95
9	70	91	24	66	96
10	88	88	25	64	84
11	80	80	26	66	87
12	64	64	27	58	91
13	63	89	28	65	88
14	69	69	29	60	83
15	74	94	30	69	92

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 36 Distribución de frecuencias y porcentajes de retroreflectancia

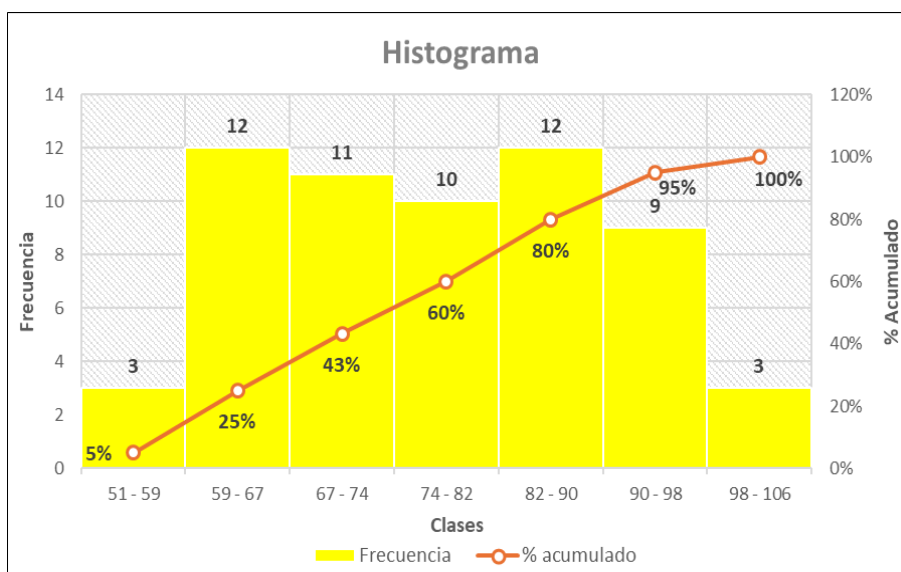
Parámetros iniciales		
Cálculos previos	Fórmulas	Dato
Número de datos	Contar	60,00
Límite inferior	Mín	51,00
Límite superior	Máx	105,00
Rango	Máx - Mín	54,00
Número de intervalos	$1+3,322 \log (\text{Número de datos})$	6,91
Tamaño de clase o amplitud	Rango / Número de intervalos	7,82

Número de intervalos	Límite inferior	Límite superior
0		
1	51	59
2	59	67
3	67	74
4	74	82
5	82	90
6	90	98
7	98	106

Clase	Frecuencia	F. acumulada	% Frecuencia	% Acumulado
51 - 59	3	3	5%	5%
59 - 67	12	15	20%	25%
67 - 74	11	26	18%	43%
74 - 82	10	36	17%	60%
82 - 90	12	48	20%	80%
90 - 98	9	57	15%	95%
98 - 106	3	60	5%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 26 Histograma de la distribución de retrorreflectancia



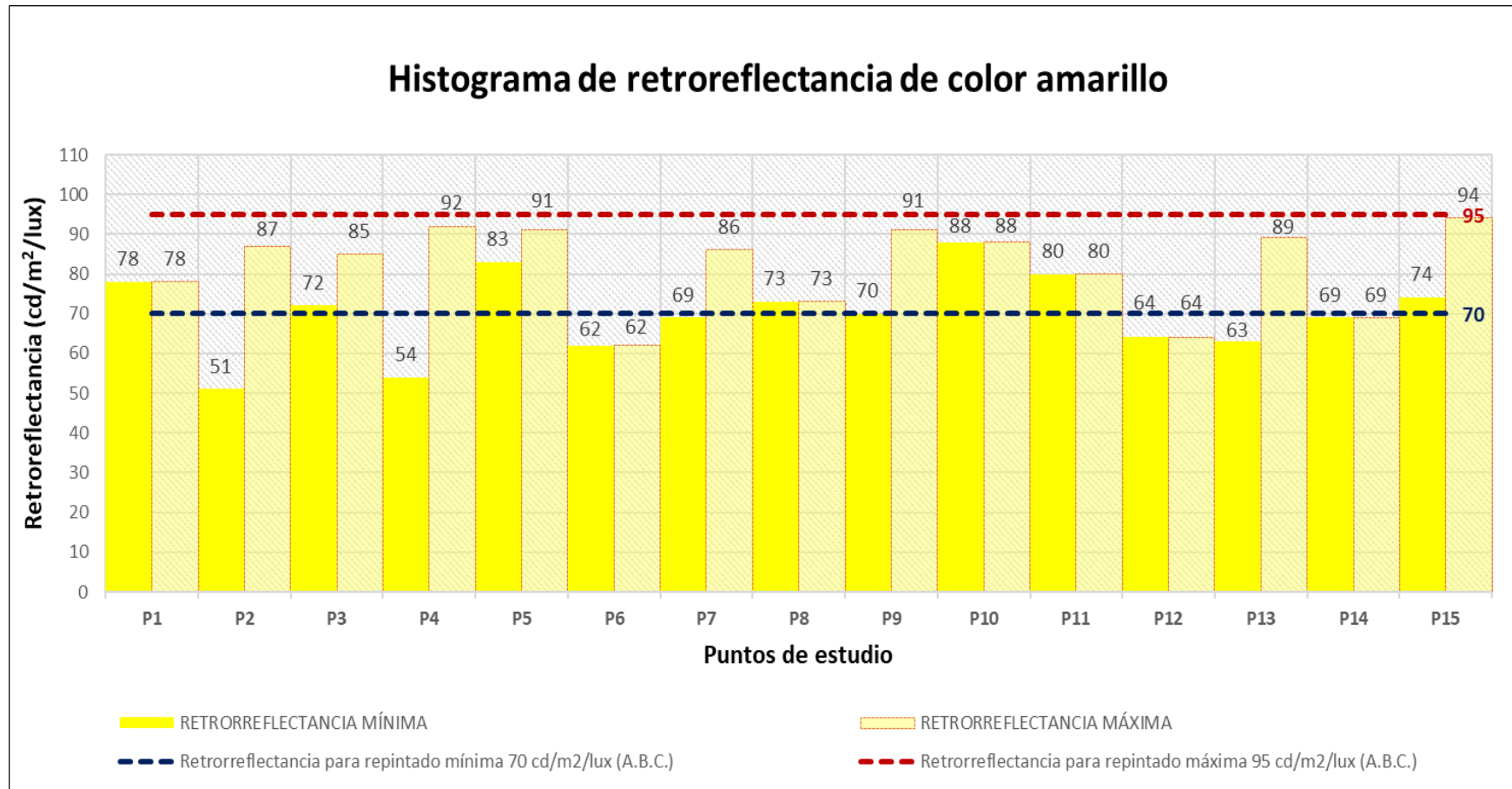
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 37 Resumen estadístico de la retrorreflectancia

Retrorreflectancia mínima		Retrorreflectancia máxima	
Media	69,93	Media	85,30
Mediana	69,00	Mediana	87,00
Moda	69,00	Moda	87,00
Desviación estándar	9,95	Desviación estándar	10,58
Varianza de la muestra	99,03	Varianza de la muestra	111,94
Coefficiente de variación	14,23%	Coefficiente de variación	12,40%
Rango	44	Rango	43
Mínimo	51	Mínimo	62
Máximo	95	Máximo	105
Cuenta	30	Cuenta	30

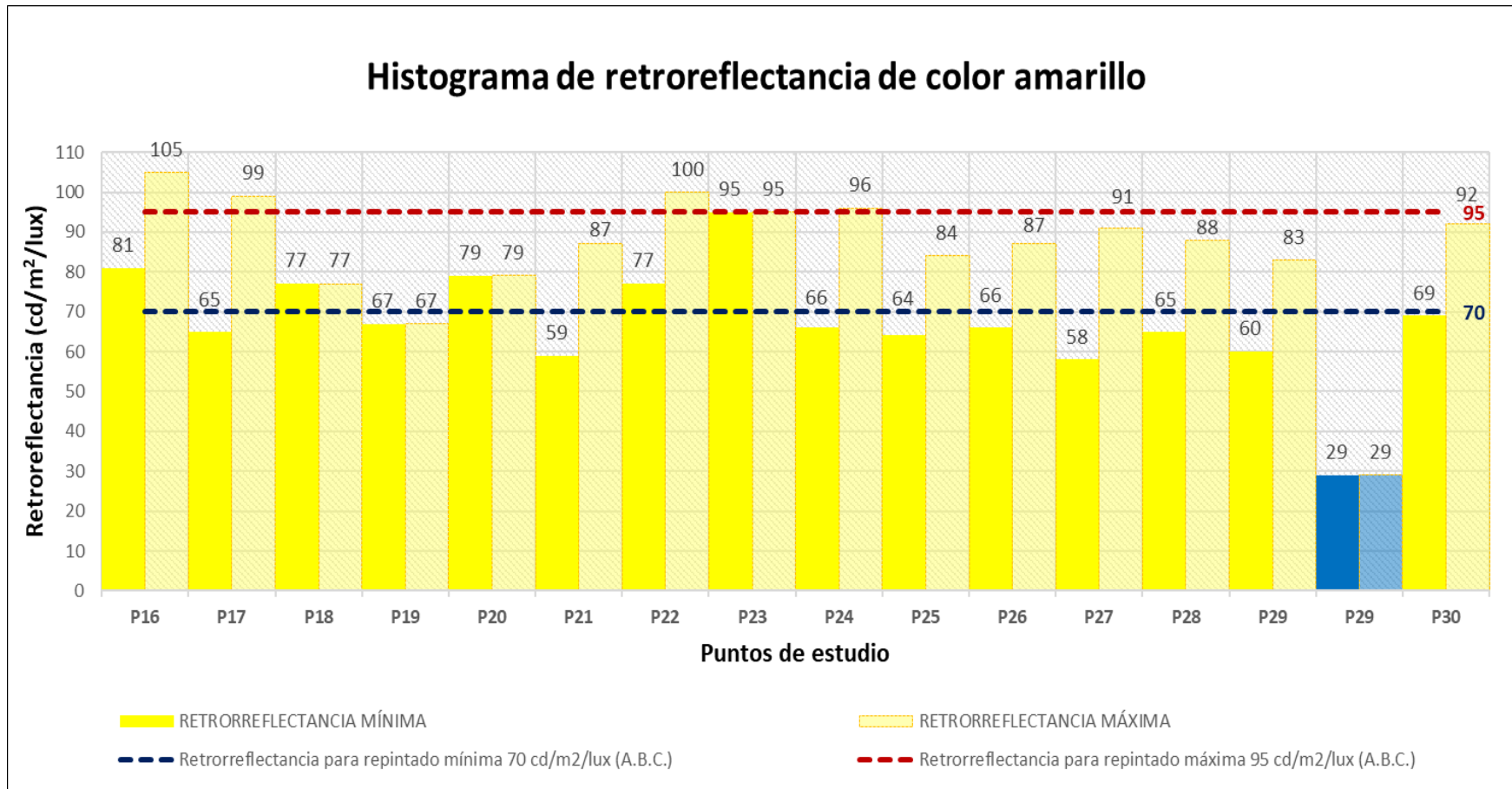
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 27 Histograma de retrorreflectancia de marcas amarillas (puntos 1 al 15)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 28 Histograma de retrorreflectancia de marcas amarillas (puntos 16 al 30)



Fuente: Elaboración propia

➤ **Análisis de espesores, pesos volumétricos y retrorreflectancia de las demarcaciones viales**

Este análisis evalúa las propiedades visuales de las demarcaciones viales en distintas vías urbanas, comparando los resultados obtenidos con los valores indicados en la ficha técnica de la pintura Farben utilizada por el Gobierno Municipal y con los rangos de referencia establecidos por el Manual de señalización horizontal de la ABC.

a) Análisis de los espesores de la demarcación vial

Valores recomendados según ficha técnica de Farben:

- Espesor mínimo: 0,25 mm
- Espesor máximo: 0,50 mm

Resultados obtenidos:

Pintura blanca

- Promedio: 0,53 mm
- Rango: 0,21 – 1,14 mm

Análisis:

- El 7% de los puntos está por debajo del mínimo, posiblemente por una mezcla muy diluida o una aplicación deficiente.
- El 100% supera el espesor máximo, lo que evidencia falta de control técnico durante la aplicación.

Pintura amarilla

- Promedio: 0,48 mm
- Rango: 0,26 – 1,01 mm

Análisis:

- Ningún punto presenta valores por debajo del mínimo.
- El 93% supera el valor máximo, reflejando una aplicación sin criterios uniformes ni supervisión adecuada.

Interpretación:

- Las variaciones en los espesores confirman la ausencia de parámetros técnicos definidos durante la aplicación.
- Espesores bajos reducen la resistencia al tránsito y aceleran el desgaste.
- Espesores altos generan capas frágiles que tienden a agrietarse o desprenderse, afectando la durabilidad del recubrimiento.

b) Análisis de los pesos volumétricos de la demarcación vial**Valores indicados según ficha técnica de Farben:**

- Pintura blanca: 1,24 – 1,34 g/cm³
- Pintura amarilla: 1,30 – 1,40 g/cm³

Resultados obtenidos:**Pintura blanca**

- Promedio: 1,06 g/cm³
- Rango: 0,90 – 1,55 g/cm³

Análisis:

- El 93% de los puntos está por debajo del mínimo, lo que indica mezclas más ligeras por exceso de diluyente o mala preparación.
- El 70% supera el valor máximo, indicando mezclas más densas sin control en la dosificación.

Pintura amarilla

- Promedio: 1,17 g/cm³
- Rango: 0,92 – 1,57 g/cm³

Análisis:

- El 73% está por debajo del valor mínimo, asociado a mezclas con exceso de diluyente.
- El 90% supera el máximo, reflejando una preparación inestable sin proporciones estandarizadas.

Interpretación:

- La dispersión de valores evidencia la falta de control técnico y la ausencia de procedimientos definidos.
- Pesos volumétricos bajos indican menor concentración de sólidos, lo que reduce la resistencia del recubrimiento.
- Pesos altos no se deben a materiales adheridos, ya que las muestras fueron lijadas; responden a mezclas más concentradas, producto de una preparación no controlada.

c) Análisis de la retrorreflectancia de la demarcación vial**Valores referenciales según el Manual de la ABC (para repintado):**

- Pintura blanca: 90 – 120 cd/m²/lux
- Pintura amarilla: 70 – 95 cd/m²/lux

Valores ideales para buena visibilidad nocturna:

- Pintura blanca: 200 – 300 cd/m²/lux
- Pintura amarilla: 120 – 180 cd/m²/lux

Resultados obtenidos:**Pintura blanca**

- Promedio: 84 cd/m²/lux
- Rango: 67 – 139 cd/m²/lux

Análisis:

- El 77% de los puntos evaluados está por debajo del valor mínimo exigido para repintado, lo que indica un bajo nivel de retrorreflectancia.
- El 23% restante supera los 90 cd/m²/lux, y solo el 27% supera los 120 cd/m²/lux, es decir, el límite superior del rango mínimo.
- Sin embargo, ningún punto alcanza los valores ideales (200 – 300 cd/m²/lux) que asegurarían una retrorreflectancia adecuada para vías urbanas de alto tránsito.

Pintura amarilla

- Promedio: 70 cd/m²/lux
- Rango: 51 – 105 cd/m²/lux

Análisis:

- El 60% de los puntos está por debajo del valor mínimo requerido, lo que refleja una señalización deficiente en cuanto a retrorreflectancia.
- Solo un 13% de los puntos supera los 95 cd/m²/lux, pero ninguno alcanza los niveles ideales (120 – 180 cd/m²/lux).

Interpretación:

- La mayoría de las demarcaciones evaluadas no cumplen con los niveles mínimos establecidos para repintado, y ninguna presenta valores adecuados para una retrorreflectancia óptima.
- Aunque algunos puntos superan el rango mínimo, esto no significa que ofrezcan una buena visibilidad, ya que los niveles ideales están muy por encima.
- Estas deficiencias se deben a que las pinturas utilizadas no contienen microesferas de vidrio ni aditivos reflectivos, lo que limita seriamente su capacidad de reflejar luz.
- Como consecuencia, las demarcaciones pierden funcionalidad en horarios nocturnos, afectando la percepción visual de los conductores y comprometiendo la seguridad vial.

Conclusión del análisis de las propiedades visuales

El análisis revela que las demarcaciones viales evaluadas presentan fallas significativas en su aplicación. Los espesores y pesos volumétricos son irregulares y no cumplen con los valores recomendados, lo que indica falta de control en la preparación y aplicación del material. Además, la mayoría de los niveles de retrorreflectancia están por debajo de los valores mínimos establecidos y muy lejos de los niveles ideales para una buena visibilidad nocturna. Estas deficiencias afectan directamente la durabilidad y la eficacia visual de las demarcaciones, representando un riesgo real para la seguridad vial.

Tabla 3. 18 Comparación de los resultados obtenidos con normativas internacionales

Propiedad	Resultados obtenidos (Mín - Máx)	Farben	Manual ABC (Repintado)	NTE INEN 1042 (Ecuador)	IRAM 1221 (Argentina)	MTC (Perú)	NBR 11862 (Brasil)	ASTM D6359 (EE.UU.)	UNE-EN 1436 (española)	Cumple /No cumple
Espesor blanco (mm)	0,21 - 1,14	0,25 - 0,50	-	0,25 - 0,38	0,40 - 0,60	0,38 - 0,64	0,30 - 0,60	-	-	No cumple
Espesor amarillo (mm)	0,26 - 1,01	0,25 - 0,50	-	0,25 - 0,38	0,40 - 0,60	0,38 - 0,64	0,30 - 0,60	-	-	No cumple
Peso volumétrico blanco (g/cm ³)	0,90 - 1,55	1,24 - 1,34	-	1,20 - 1,50	1,40 - (-)	1,40 - (-)	1,30 - 1,45	-	-	No cumple
Peso volumétrico amarillo (g/cm ³)	0,92 - 1,57	1,30 - 1,40	-	1,20 - 1,50	1,40 - (-)	1,36 - (-)	1,30 - 1,45	-	-	No cumple
Retroreflectancia blanca (cd/m ² /lux)	67 - 139	-	90 - 120	100 - 250	225 - (-)	230 - (-)	250 - (-)	250 - (-)	100 - 300	No cumple
Retroreflectancia amarilla (cd/m ² /lux)	51 - 105	-	70 - 95	80 - 200	160 - (-)	175 - (-)	150 - (-)	175 - (-)	80 - 200	No cumple

Fuente: Elaboración propia

➤ Comparación con estándares técnicos e internacionales

La comparación de los resultados obtenidos con las especificaciones de la pintura Farben, el Manual de la ABC y normas internacionales muestra que ninguna de las propiedades visuales evaluadas cumple con los rangos exigidos.

- **Espesores:** Los valores medidos, tanto en blanco como en amarillo, están por debajo del mínimo recomendado en varios casos, lo que evidencia una aplicación deficiente.
- **Pesos volumétricos:** Presentan variaciones amplias fuera de los rangos establecidos, lo que refleja falta de control en la preparación del material.
- **Retroreflectancia:** Todos los niveles están por debajo de los mínimos requeridos, afectando la visibilidad nocturna de las demarcaciones.

Conclusión de la comparación

Los resultados confirman que las demarcaciones no cumplen con los estándares mínimos de calidad. Esta situación compromete directamente la durabilidad y la función visual de la señalización, representando un riesgo para la seguridad vial.

3.12.5 Evaluación del estado de la demarcación vial

Se evaluó el estado actual de la demarcación horizontal mediante la verificación de tres propiedades: espesor, peso volumétrico y retroreflectancia. Cada una fue comparada con los valores mínimos obtenidos en las muestras analizadas, a fin de determinar su condición funcional.

Tabla 3. 19 Evaluación del estado de la demarcación según espesores

Punto de estudio	Color de la pintura	Espesor mínimo obtenido (mm)	Rango especificado (mm)	Estado de la demarcación
P1	Blanco	0,37	0,25 - 0,50	Óptimo
	Amarillo	0,63	0,25 - 0,50	Crítico
P2	Blanco	0,33	0,25 - 0,50	Óptimo
	Amarillo	0,44	0,25 - 0,50	Óptimo
P3	Blanco	0,70	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,52	0,25 - 0,50	Crítico
P4	Blanco	0,42	0,25 - 0,50	Óptimo
	Amarillo	0,35	0,25 - 0,50	Óptimo

P5	Blanco	0,65	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,57	0,25 - 0,50	Crítico
P6	Blanco	0,58	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,58	0,25 - 0,50	Crítico
P7	Blanco	0,38	0,25 - 0,50	Óptimo
	Amarillo	0,36	0,25 - 0,50	Óptimo
P8	Blanco	0,64	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,33	0,25 - 0,50	Óptimo
P9	Blanco	0,21	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,26	0,25 - 0,50	Óptimo
P10	Blanco	0,58	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,67	0,25 - 0,50	Crítico
P11	Blanco	0,62	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,35	0,25 - 0,50	Óptimo
P12	Blanco	0,61	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,65	0,25 - 0,50	Crítico
P13	Blanco	0,56	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,65	0,25 - 0,50	Crítico
P14	Blanco	0,73	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,31	0,25 - 0,50	Óptimo
P15	Blanco	0,61	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,63	0,25 - 0,50	Crítico
P16	Blanco	0,27	0,25 - 0,50	Óptimo
	Amarillo	0,38	0,25 - 0,50	Óptimo
P17	Blanco	0,59	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,41	0,25 - 0,50	Óptimo
P18	Blanco	0,56	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,35	0,25 - 0,50	Óptimo
P19	Blanco	0,59	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,56	0,25 - 0,50	Crítico
P20	Blanco	0,66	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,61	0,25 - 0,50	Crítico
P21	Blanco	0,42	0,25 - 0,50	Óptimo
	Amarillo	0,57	0,25 - 0,50	Crítico
P22	Blanco	0,81	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,49	0,25 - 0,50	Óptimo
P23	Blanco	0,49	0,25 - 0,50	Óptimo
	Amarillo	0,45	0,25 - 0,50	Óptimo
P24	Blanco	0,35	0,25 - 0,50	Óptimo
	Amarillo	0,48	0,25 - 0,50	Óptimo
P25	Blanco	0,63	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,51	0,25 - 0,50	Crítico
P26	Blanco	0,25	0,25 - 0,50	Óptimo
	Amarillo	0,30	0,25 - 0,50	Óptimo
P27	Blanco	0,48	0,25 - 0,50	Óptimo

	Amarillo	0,39	0,25 - 0,50	Óptimo
P28	Blanco	0,42	0,25 - 0,50	Óptimo
	Amarillo	0,58	0,25 - 0,50	Crítico
P29	Blanco	0,60	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,37	0,25 - 0,50	Óptimo
P30	Blanco	0,66	0,25 - 0,50	Crítico
	Amarillo	0,52	0,25 - 0,50	Crítico

Fuente: Elaboración propia

➤ **Espesores de las demarcaciones viales**

- El 55% de las demarcaciones evaluadas presentan espesores fuera del rango recomendado (estado crítico), mientras que el 45% cumple con los valores especificados (estado óptimo).
- En varios puntos, los espesores son inferiores al mínimo requerido, lo que provoca un desgaste rápido y reduce la vida útil de la señalización.
- En otros casos, los espesores superan el máximo recomendado, afectando la adherencia al pavimento y generando desprendimientos prematuros.

Tabla 3. 20 Evaluación del estado de la demarcación según pesos volumétricos

Punto de estudio	Color de la pintura	Peso volumétrico mínimo obtenido (g/cm ³)	Rango especificado (g/cm ³)	Estado de la demarcación
P1	Blanco	1,29	1,19 - 1,29	Óptimo
	Amarillo	1,16	1,30 - 1,40	Crítico
P2	Blanco	1,10	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,08	1,30 - 1,40	Crítico
P3	Blanco	0,99	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,07	1,30 - 1,40	Crítico
P4	Blanco	0,90	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,14	1,30 - 1,40	Crítico
P5	Blanco	1,09	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,20	1,30 - 1,40	Crítico
P6	Blanco	0,98	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,24	1,30 - 1,40	Crítico
P7	Blanco	1,00	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	0,95	1,30 - 1,40	Crítico
P8	Blanco	0,95	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,17	1,30 - 1,40	Crítico
P9	Blanco	0,98	1,19 - 1,29	Crítico

	Amarillo	1,15	1,30 - 1,40	Crítico
P10	Blanco	1,24	1,19 - 1,29	Óptimo
	Amarillo	1,00	1,30 - 1,40	Crítico
P11	Blanco	1,20	1,19 - 1,29	Óptimo
	Amarillo	1,31	1,30 - 1,40	Óptimo
P12	Blanco	1,18	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	0,97	1,30 - 1,40	Crítico
P13	Blanco	1,15	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,34	1,30 - 1,40	Óptimo
P14	Blanco	1,19	1,19 - 1,29	Óptimo
	Amarillo	1,32	1,30 - 1,40	Óptimo
P15	Blanco	0,96	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,30	1,30 - 1,40	Óptimo
P16	Blanco	0,97	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,33	1,30 - 1,40	Óptimo
P17	Blanco	0,90	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,35	1,30 - 1,40	Óptimo
P18	Blanco	1,19	1,19 - 1,29	Óptimo
	Amarillo	0,98	1,30 - 1,40	Crítico
P19	Blanco	0,95	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,00	1,30 - 1,40	Crítico
P20	Blanco	1,00	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,32	1,30 - 1,40	Óptimo
P21	Blanco	0,99	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,11	1,30 - 1,40	Crítico
P22	Blanco	0,90	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,33	1,30 - 1,40	Óptimo
P23	Blanco	1,13	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,05	1,30 - 1,40	Crítico
P24	Blanco	1,22	1,19 - 1,29	Óptimo
	Amarillo	1,30	1,30 - 1,40	Óptimo
P25	Blanco	1,25	1,19 - 1,29	Óptimo
	Amarillo	1,34	1,30 - 1,40	Óptimo
P26	Blanco	1,00	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,30	1,30 - 1,40	Óptimo
P27	Blanco	0,92	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,00	1,30 - 1,40	Crítico
P28	Blanco	1,19	1,19 - 1,29	Óptimo
	Amarillo	1,16	1,30 - 1,40	Crítico
P29	Blanco	0,90	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	0,92	1,30 - 1,40	Crítico
P30	Blanco	0,97	1,19 - 1,29	Crítico
	Amarillo	1,30	1,30 - 1,40	Óptimo

Fuente: Elaboración propia

➤ **Pesos volumétricos de las demarcaciones viales**

- El 67% de las muestras están fuera del rango especificado (estado crítico), y solo el 33% cumple con los valores recomendados (estado óptimo).
- Valores bajos indican un exceso de dilución, lo que disminuye la resistencia del recubrimiento.
- Valores altos reflejan una aplicación con mayor concentración de pintura, afectando su adherencia y durabilidad.

Tabla 3. 21 Evaluación del estado de la demarcación según retrorreflectancia

Punto de estudio	Color de la pintura	Reflectancia mínima obtenida (cd/m ² /lux)	Rango especificado (repintado) (cd/m ² /lux)	Estado de la demarcación
P1	Blanco	82	90 - 120	Óptimo
	Amarillo	78	70 - 95	Óptimo
P2	Blanco	93	90 - 120	Óptimo
	Amarillo	51	70 - 95	Crítico
P3	Blanco	89	90 - 120	Crítico
	Amarillo	72	70 - 95	Óptimo
P4	Blanco	82	90 - 120	Crítico
	Amarillo	54	70 - 95	Crítico
P5	Blanco	86	90 - 120	Crítico
	Amarillo	83	70 - 95	Óptimo
P6	Blanco	67	90 - 120	Crítico
	Amarillo	62	70 - 95	Crítico
P7	Blanco	88	90 - 120	Crítico
	Amarillo	69	70 - 95	Crítico
P8	Blanco	83	90 - 120	Crítico
	Amarillo	73	70 - 95	Óptimo
P9	Blanco	79	90 - 120	Crítico
	Amarillo	70	70 - 95	Óptimo
P10	Blanco	88	90 - 120	Crítico
	Amarillo	88	70 - 95	Óptimo
P11	Blanco	80	90 - 120	Crítico
	Amarillo	80	70 - 95	Óptimo
P12	Blanco	90	90 - 120	Óptimo
	Amarillo	64	70 - 95	Crítico
P13	Blanco	99	90 - 120	Óptimo
	Amarillo	63	70 - 95	Crítico
P14	Blanco	72	90 - 120	Crítico
	Amarillo	69	70 - 95	Crítico

P15	Blanco	88	90 - 120	Crítico
	Amarillo	74	70 - 95	Óptimo
P16	Blanco	98	90 - 120	Óptimo
	Amarillo	81	70 - 95	Óptimo
P17	Blanco	91	90 - 120	Óptimo
	Amarillo	65	70 - 95	Crítico
P18	Blanco	90	90 - 120	Óptimo
	Amarillo	77	70 - 95	Óptimo
P19	Blanco	78	90 - 120	Crítico
	Amarillo	67	70 - 95	Crítico
P20	Blanco	93	90 - 120	Óptimo
	Amarillo	79	70 - 95	Óptimo
P21	Blanco	76	90 - 120	Crítico
	Amarillo	59	70 - 95	Crítico
P22	Blanco	70	90 - 120	Crítico
	Amarillo	77	70 - 95	Óptimo
P23	Blanco	94	90 - 120	Óptimo
	Amarillo	95	70 - 95	Óptimo
P24	Blanco	90	90 - 120	Óptimo
	Amarillo	66	70 - 95	Crítico
P25	Blanco	70	90 - 120	Crítico
	Amarillo	64	70 - 95	Crítico
P26	Blanco	95	90 - 120	Óptimo
	Amarillo	66	70 - 95	Crítico
P27	Blanco	75	90 - 120	Crítico
	Amarillo	58	70 - 95	Crítico
P28	Blanco	72	90 - 120	Crítico
	Amarillo	65	70 - 95	Crítico
P29	Blanco	73	90 - 120	Crítico
	Amarillo	60	70 - 95	Crítico
P30	Blanco	83	90 - 120	Crítico
	Amarillo	69	70 - 95	Crítico

Fuente: Elaboración propia

➤ **Retroreflectancia de las demarcaciones viales**

- El 60% de las demarcaciones presentan valores por debajo del mínimo recomendado para ejecutar el repintado (estado crítico), mientras que el 40% apenas alcanza los valores mínimos aceptables (estado óptimo).
- Ninguna demarcación cumple con los rangos establecidos para una señalización de calidad, que van de 200 a 300 cd/m²/lux para pintura blanca y de 120 a 180 cd/m²/lux para pintura amarilla.

- Esta deficiencia limita la capacidad de las marcas viales para reflejar la luz durante la noche, reduciendo su visibilidad y aumentando el riesgo de accidentes.

Conclusión del estado de la demarcación vial

La demarcación horizontal presenta un estado general deficiente. La mayoría de las muestras analizadas presenta espesores y pesos volumétricos fuera de norma, así como niveles de retrorreflectancia insuficientes, incluso para los rangos mínimos de repintado. Estas condiciones afectan directamente la durabilidad, adherencia y visibilidad de la señalización, lo que incrementa el riesgo para la seguridad vial, especialmente en horarios nocturnos o de baja visibilidad.

3.12.6 Comparación técnica y económica de pinturas

Se comparan los costos y características de las pinturas actualmente utilizadas por la Alcaldía con otras especializadas para demarcación vial. El objetivo fue identificar ventajas y desventajas en términos técnicos, económicos y de durabilidad.

Tabla 3. 22 Pinturas utilizadas por la Alcaldía

Pintura	Costo (Bs.)	Capacidad (litros)	Rendimiento (m ² /litro)	Capas	Durabilidad
Farben (Brasil)	960,00	18	2	1	≈ 6 meses
Laca Duco (Bolivia)	716,88	18	8	2	≈ 3 meses

Fuente: Elaboración propia

- **Farben:** Pintura acrílica de secado rápido, sin componentes reflectivos. Vida útil media (≈ 6 meses).
- **Laca Duco:** Diseñada para autos y madera. Tiene visibilidad limitada y se desgasta con rapidez (≈ 3 mese).

Tabla 3. 23 Pinturas especializadas para demarcación vial

Marca/Producto	Tipo de pintura	Costo (Bs.)	Rendimiento (m ² /galón)	Espesor (mm)
Pintuco Pintutráfico (Colombia)	Acrílica base solvente	1.042,30	8	0,34 - 0,48
Tricolor Fastrack reflectante (Chile)	Acrílica con microesferas reflectantes	1.050,00	8	0,25

Pintuco plástico en frío (Colombia)	Plastificada	372,56	3	1,20
Duravial termoplástico (Ecuador)	Termoplástica	1.350,00	11	0,40 - 0,50

Fuente: Elaboración propia

- **Acrílica base solvente:** Resistente, de sacado rápido, adecuada para zonas de alto tránsito.
- **Acrílica con microesferas:** Alta visibilidad nocturna y buena durabilidad.
- **Plastificada:** Reflectiva, con alta resistencia, recomendada para vías con mucho tráfico.
- **Termoplástica:** De gran adherencia, durabilidad y resistencia sobre superficies de asfalto o concreto.

3.12.7 Análisis de precios unitarios de las pinturas analizadas

Para determinar el costo real por metro cuadrado de demarcación, se elaboró un análisis de precios unitarios utilizando información actual de mercado.

Los datos fueron obtenidos de fabricantes, distribuidores y fichas técnicas oficiales. La información sobre mano de obra fue proporcionada por el Ing. Gustavo Chambi Gareca, responsable del área de Diseño e Infraestructura de Movilidad Urbana del Municipio.

Se aplicó un procedimiento técnico riguroso, tal como se realiza en proyectos reales, considerando materiales, mano de obra, equipos, gastos generales y utilidad. Esto permitió obtener el costo unitario por metro cuadrado para cada tipo de pintura.

Los cálculos correspondientes al análisis de precios unitarios de las pinturas analizadas se encuentran en el **Anexo S**.

3.12.8 Comparación de costos de pintado respecto a la pintura Farben

Tomando como referencia la pintura Farben, con un costo unitario de **45,67 Bs/m²**, se calcularon las diferencias de precio con respecto a otras alternativas analizadas.

Tabla 3. 24 Diferencias de costos unitarios

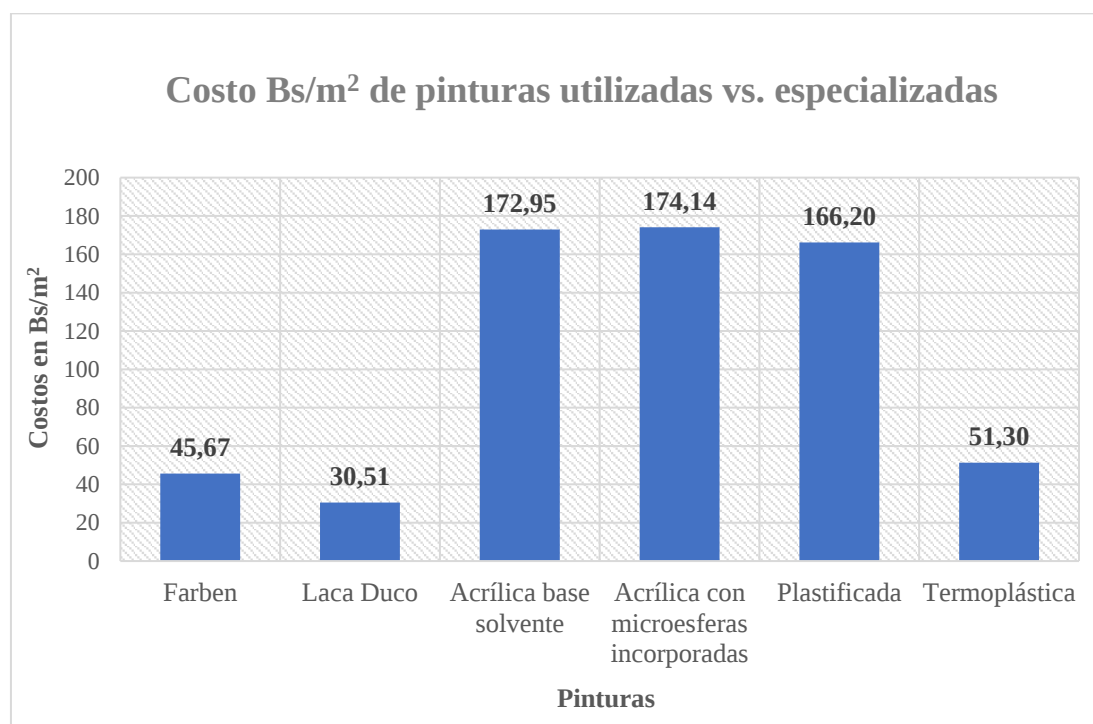
Material	Costo Bs/m ²	Diferencia (Bs.)	Diferencia (%)
Farben	45,67	-	-
Laca Duco	30,51	15,16	33,19%
Acrílica base solvente	172,95	127,28	278,69%
Acrílica reflectante	174,14	128,47	281,30%
Plastificada	166,20	120,53	263,92%
Termoplástica	51,30	5,63	12,33%

Fuente: Elaboración propia

Aunque la pintura Farben presenta un costo intermedio, las pinturas especializadas tienen un precio más elevado. Sin embargo, también ofrecen mejor visibilidad, mayor adherencia y mayor durabilidad.

Destaca especialmente la **pintura termoplástica**, que presenta una diferencia mínima en costo (12,33%), pero una mejora significativa en rendimiento y vida útil.

Gráfico 3. 29 Comparación de costos de demarcación vial



Fuente: Elaboración propia

3.12.9 Importancia del uso de pinturas adecuadas

El uso de pinturas de baja calidad genera un desgaste acelerado, lo que obliga a realizar mantenimientos frecuentes y termina elevando los costos a largo plazo.

En cambio, las pinturas especializadas como las reflectantes y termoplásticas ofrecen una durabilidad significativamente mayor, mejor visibilidad nocturna y mayor resistencia al tráfico constante, lo que las hace más adecuadas para la señalización vial.

Si bien su inversión inicial es más alta, su vida útil prolongada y su menor necesidad de mantenimiento reducen los costos operativos y, sobre todo, contribuyen de forma directa a mejorar la seguridad vial para conductores y peatones.

Conclusión del análisis

El análisis realizado demuestra que las pinturas actualmente utilizadas por la Alcaldía, aunque presentan un menor costo inicial, no cumplen con los requisitos técnicos necesarios para una señalización eficaz y duradera.

Las pinturas especializadas, aunque más costosas al inicio, representan una alternativa más eficiente, segura y rentable a largo plazo.

Por ello, se recomienda priorizar la inversión en este tipo de pinturas dentro de las estrategias de mejora vial, ya que permiten garantizar una señalización más segura, visible y sostenible en el tiempo, reduciendo intervenciones constantes y haciendo la infraestructura vial más efectiva.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El estudio permitió evaluar de forma técnica y detallada el estado actual de la señalización horizontal en la ciudad de Tarija, aplicando metodologías prácticas basadas en normas ASTM. Esto permitió obtener resultados claros sobre las condiciones visuales y físicas de las marcas viales, identificar deficiencias puntuales y proponer soluciones concretas para mejorar la seguridad vial de manera directa.
- Se comprobó que la mayoría de las marcas viales no cumple con las dimensiones mínimas exigidas por la normativa de la ABC ni con estándares internacionales, lo cual afecta su función de orientar, advertir y organizar el tránsito vehicular y peatonal, especialmente durante la noche o con baja visibilidad.
- El 93% de las muestras analizadas presentó un espesor superior al máximo recomendado (0,50 mm), con promedios de 0,53 mm en pintura blanca y 0,48 mm en pintura amarilla. Esto evidencia una falta de control técnico y uniformidad en la aplicación, lo que disminuye la adherencia y reduce la durabilidad de la señalización.
- Los pesos volumétricos fueron inferiores a los mínimos recomendados por el fabricante ($1,24 \text{ g/cm}^3$ para pintura blanca y $1,30 \text{ g/cm}^3$ para amarilla), con promedios de $1,06 \text{ g/cm}^3$ y $1,17 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Esto evidencia una preparación deficiente del material, con mezclas demasiado diluidas, mala dosificación y uso de componentes inadecuados, lo que afecta directamente la calidad final de las marcas viales.
- Los niveles de retrorreflectancia fueron bajos, con promedios de $84 \text{ cd/m}^2/\text{lux}$ en pintura blanca y $70 \text{ cd/m}^2/\text{lux}$ en amarilla, ambos por debajo de los valores mínimos exigidos para repintado. Esta deficiencia reduce notablemente la visibilidad durante la noche y pone en riesgo la seguridad de conductores, peatones y ciclistas.

- La baja reflectancia se debe principalmente a la falta de microesferas de vidrio u otros aditivos reflectivos en las pinturas utilizadas, lo que impide una correcta reflexión de la luz de los vehículos.
- Se observaron variaciones amplias en los espesores (de 0,21 mm a 1,14 mm) y en los pesos volumétricos (de 0,90 g/cm³ a 1,57 g/cm³), lo que evidencia la falta de estandarización y control técnico en el proceso de aplicación, afectando directamente la calidad y funcionalidad de la señalización.
- En general, la señalización horizontal presenta un estado deficiente y no cumple con los estándares mínimos establecidos por la normativa nacional ni por el fabricante Farben, lo que representa un riesgo evidente para la seguridad vial.
- Se evidenció la ejecución de trabajos de repintado por parte de personas extranjeras sin formación técnica, utilizando materiales de origen desconocido y aplicando marcas fuera de norma. Esto refleja una falta de control por parte del municipio, que tiene la responsabilidad de garantizar una señalización adecuada.
- En varios sectores, tras trabajos de bacheo o mantenimiento del pavimento, no se repintan las marcas viales afectadas, lo que deja señales incompletas o ausentes. Esta situación genera confusión entre los usuarios y aumenta el riesgo de accidentes, especialmente durante la noche.
- El análisis de precios unitarios mostró que, aunque la pintura termoplástica tiene un costo inicial ligeramente mayor (51,30 Bs/m² frente a 45,67 Bs/m² de la pintura Farben), ofrece mayor durabilidad, mejor visibilidad y menor necesidad de mantenimiento. Por eso, resulta más rentable a mediano y largo plazo, sobre todo en vías de alto tráfico.
- Las pinturas convencionales, aunque tienen un menor costo inicial, se desgastan con rapidez, exigen repintados frecuentes, incrementan los costos de mantenimiento y reducen la seguridad de los usuarios debido a su baja durabilidad y visibilidad.
- La metodología aplicada demostró ser eficaz, práctica y fácilmente replicable. Utiliza instrumentos accesibles como el luxómetro, lo que permite realizar evaluaciones confiables sin necesidad de equipos costosos. Por ello, representa

una herramienta técnica útil tanto para el municipio como para otras entidades encargadas de la señalización vial.

- Aunque la mayoría de los puntos evaluados presentó deficiencias, el estudio confirma que es posible realizar evaluaciones técnicas con recursos básicos, generando información clara y útil para la toma de decisiones.
- Se confirmó un incumplimiento generalizado de los criterios mínimos de calidad en la demarcación horizontal, lo que refuerza la necesidad de que el gobierno municipal asuma un rol más activo en el control, supervisión y mantenimiento de la señalización, especialmente en zonas escolares, avenidas principales y alrededores de centros de salud.
- Este estudio representa un aporte concreto desde la ingeniería civil, al evidenciar con claridad el estado actual de la señalización horizontal en la ciudad. A partir de evaluaciones técnicas realizadas en campo y laboratorio, se identificaron deficiencias que comprometen la visibilidad, durabilidad y funcionalidad de las marcas viales, generando un riesgo real para los usuarios.

Lo valioso de este trabajo no es solo la identificación del problema, sino la propuesta de soluciones técnicas viables y accesibles. Se plantea, por ejemplo, el uso de pintura termoplástica como alternativa más eficiente, y se presenta una metodología práctica que el gobierno municipal puede implementar para mejorar la planificación y el control de la señalización vial.

Asimismo, se destaca la importancia de contar con una adecuada iluminación en intersecciones, unidades educativas, centros de salud, mercados y avenidas principales, ya que el alumbrado público cumple un rol clave al mejorar la visibilidad de las marcas y permitir que los conductores reaccionen a tiempo.

El estudio también evidencia que muchas de las fallas detectadas se deben a la falta de control técnico por parte del municipio, permitiendo que personas sin formación especializada realicen trabajos de demarcación fuera de norma. Por ello, este trabajo constituye también un llamado de atención a las autoridades locales para que asuman con mayor responsabilidad la supervisión de la señalización, priorizando siempre la seguridad de la ciudadanía.

Este proyecto nace de una experiencia personal que marcó profundamente mi formación: la pérdida de un ser querido en un accidente ocurrido en una curva sin señalización adecuada. Esa vivencia me enseñó que una simple línea blanca o amarilla puede ser la diferencia entre la vida y la muerte. Desde entonces comprendí que una buena demarcación no es solo una exigencia técnica, sino una medida concreta de protección para las personas.

Por eso, más allá del análisis técnico, este trabajo busca aportar de manera real y significativa al bienestar colectivo. Demuestra que, desde la ingeniería civil, es posible contribuir directamente a la mejora de la seguridad vial, con propuestas claras, viables y enfocadas en reducir el riesgo vial y preservar la vida de los usuarios.

4.2 RECOMENDACIONES

- Realizar inspecciones periódicas que permitan verificar el estado de las marcas viales, asegurando que cumplan con las dimensiones, el espesor y el nivel de visibilidad exigidos por la normativa.
- Utilizar únicamente pinturas especiales para señalización vial, con microesferas de vidrio u otros aditivos reflectivos que mejoren la visibilidad nocturna y contribuyan a la seguridad.
- Capacitar de forma continua al personal encargado de la demarcación vial, asegurando el conocimiento y uso adecuado de materiales, equipos, técnicas de aplicación y criterios normativos.
- Asegurar supervisión técnica durante todas las etapas del proceso de demarcación, verificando que se cumplan los parámetros de calidad en cuanto a dimensiones, espesor, reflectancia y uso de materiales, con personal calificado y equipos adecuados.
- Verificar que los equipos de aplicación estén correctamente calibrados, controlando presión, velocidad, boquillas y cantidad de descarga, para asegurar un espesor uniforme y una mayor durabilidad de las marcas viales.

- Restringir que personas no capacitadas realicen trabajos de demarcación, mediante controles municipales que aseguren la participación exclusiva de personal técnico y el uso de materiales certificados.
- Incluir el repintado obligatorio de las marcas viales afectadas dentro de los trabajos de bacheo o mantenimiento del pavimento, evitando sectores con señalización incompleta o ausente.
- Aplicar pintura termoplástica en vías de alto tráfico, debido a su mayor durabilidad, mejor reflectancia y reducción de costos de mantenimiento a mediano y largo plazo.
- Incorporar el uso de un retroreflectómetro para medir con precisión los niveles de retrorreflectancia y así determinar técnicamente el momento oportuno para el repintado.
- Priorizar en los planes de mantenimiento las zonas críticas de mayor riesgo, como áreas cercanas a unidades educativas, centros de salud, mercados, avenidas principales y vías de alta velocidad, donde una señalización clara es fundamental para prevenir accidentes.
- Aplicar la metodología desarrollada en este estudio en otras zonas urbanas y rurales del municipio, como una herramienta técnica práctica para evaluar y mejorar la señalización horizontal, aportando información clara y útil para la toma de decisiones.
- Elaborar una normativa municipal específica para la señalización horizontal, que establezca criterios técnicos claros sobre materiales, aplicación, mantenimiento y supervisión, con el fin de garantizar calidad, durabilidad y seguridad en toda la red vial urbana.
- Fomentar la coordinación entre el gobierno municipal, universidades y profesionales en ingeniería vial, con el fin de impulsar mejoras sostenidas en la señalización horizontal, mediante estudios técnicos, programas de capacitación y sistemas permanentes de control de calidad.