

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS PARA LA VALORACIÓN DE LAS
PROPIEDADES VISUALES DE LOS RECUBRIMIENTOS DE DEMARCACIÓN
VIAL EN VÍAS URBANAS”**

Por:

IVAN GORENA TORREJON

Proyecto de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
“JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de
Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE-I-2025

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS PARA LA VALORACIÓN DE LAS
PROPIEDADES VISUALES DE LOS RECUBRIMIENTOS DE DEMARCACIÓN
VIAL EN VÍAS URBANAS”**

Por:

IVAN GORENA TORREJON

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV-502

SEMESTRE-I-2025

TARIJA - BOLIVIA

Dedicatorias

A mi padre, Guadalupe Gorena Martínez, cuya partida dejó un vacío profundo, pero también una luz que guía mi camino. Su ejemplo y valores son mi mayor inspiración.

A mi madre, María Torrejon Tastaca, por su amor, fortaleza y sacrificio, pilares esenciales en mi formación. Su confianza me impulsó a alcanzar esta meta.

A mi hermano, Jhonni Gorena Torrejon, por su constante apoyo y ejemplo de perseverancia.

A mi compañera de vida, Loida Anagua Salo, por su amor, paciencia y compañía incondicional.

A la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho y a sus docentes, por brindarme la oportunidad de formarme y compartir su conocimiento con compromiso y dedicación.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	1
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3.1 Situación problemática.....	2
1.3.2 Problema.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 HIPÓTESIS.....	4
1.6 VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES	4
1.6.1 Variable independiente.....	4
1.6.2 Variable dependiente.....	4
1.6.3 Conceptualización y operacionalización de variables.....	4
1.7 DISEÑO METODOLÓGICO	5
1.7.1 Componentes.....	5
1.7.1.1 Unidad de estudio.....	5
1.7.1.2 Población.....	6
1.7.1.3 Muestra.....	6
1.7.1.4 Muestreo.....	6
1.7.2 Métodos y técnicas empleadas	6

1.7.2.1 Definición, selección y/o elaboración de los métodos y técnicas	6
1.7.2.2 Técnicas empleadas para la recolección de información	7
1.7.2.3 Descripción de los instrumentos para la obtención de datos.....	7
1.7.2.4 Procedimiento de aplicación	9
1.7.3 Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información	11
1.8 ALCANCE DEL ESTUDIO	13

CAPÍTULO II

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

	Página
2.1 GENERALIDADES.....	15
2.2 FUNCIÓN.....	16
2.3 UBICACIÓN.....	16
2.4 CLASIFICACIÓN	16
2.4.1 Disposición.....	17
2.4.2 Características	17
2.4.2.1 Color.....	17
2.4.2.2 Forma.....	17
2.4.2.3 Altura.....	17
2.5 DEMARCACIONES PLANAS.....	18
2.5.1 Materiales de las demarcaciones planas.....	18
2.5.2 Métodos de aplicación de pintura para demarcación vial	18
2.5.3 Dimensiones y apariencia de las demarcaciones planas	21
2.5.4 Retroreflexión de las demarcaciones planas	21

2.5.4.1 El fenómeno de retroreflexión.....	22
2.5.4.2 Materiales retroreflectantes y visibilidad	22
2.5.5 Medición de la retroreflectividad	24
2.5.5.1 Retroreflectividad unidad de medición y desempeño	25
2.6 VISIBILIDAD.....	26
2.6.1 Visibilidad nocturna (retroreflectancia)	26
2.6.1.1 Demarcaciones planas	26
2.6.2 Visibilidad diurna (color y factor de luminancia)	27
2.6.2.1 Color demarcaciones planas.....	27
2.7 DEMARCACIONES ELEVADAS	27
2.8 LÍNEAS LONGITUDINALES.....	28
2.8.1 Clasificación de las líneas longitudinales.....	28
2.9 CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS LONGITUDINALES	29
2.9.1 Color.....	29
2.9.1.1 Blanco.....	29
2.9.1.2 Amarillo.....	29
2.9.2 Significado de la forma y ancho de las líneas longitudinales	29
2.10 LÍNEAS CENTRALES QUE SEPARAN FLUJOS OPUESTOS.....	30
2.10.1 Líneas centrales segmentadas que separan flujos opuestos	30
2.10.2 Líneas centrales continuas que separan flujos opuestos.....	30
2.10.3 Líneas centrales mixtas que separan flujos opuestos	31
2.11 LÍNEAS DE BORDE DE CALZADA	31
2.12 LÍNEAS TRANSVERSALES	31
2.12.1 Clasificación.....	31

2.12.2 Características	32
2.13 DEMARCACIONES PARA INTERSECCIONES	32
2.13.1 Intersección controlada por señal pare	32
2.13.2 Intersección controlada por señal ceda el paso	33
2.13.3 Intersección regulada por semáforo	33
2.13.4 Intersección con restricción de bloqueo	34
2.13.5 Cruce peatonal.....	34
2.13.5.1 Cruce cebra.....	35
2.13.5.2 Cruce sendero peatonal	35
2.13.5.3 Cruce peatonal con resalto trapezoidal.....	36
2.13.5.4 Cruce escolar	36
2.14 LEYENDAS, FLECHAS Y SÍMBOLOS	37
2.14.1 Clasificación.....	37
2.14.2 Características	37
2.14.2.1 Función.....	37
2.14.2.2 Forma.....	37
2.14.2.3 Color.....	37
2.14.2.4 Ubicación....	37
2.15 FLECHAS.....	38
2.15.1 Flecha de frente	38
2.15.2 Flecha de giro	39
2.15.3 Flecha frente y de giro.....	40
2.16 DEMARCACIÓN DE BORDILLOS O CORDONES DE ACERA	40
2.17 REDUCTORES DE VELOCIDAD, RESALTOS O ROMPE MUELLES.....	41

2.17.1 Resalto trapezoidal o pompeyano	42
2.17.2 Resalto parabólico o circular.....	43
2.17.3 Resalto portátil	43
2.17.4 Resalto tipo cojín.....	43
2.18 COLORES DE LAS DEMARCACIONES	44
2.19 LA IMPORTANCIA DE LA SEÑALIZACIÓN EN LA SEGURIDAD VIAL.....	45
2.19.1 Importancia de la seguridad vial	45
2.19.2 Rol de la señalización vial.....	45
2.19.3 Beneficios de una buena señalización horizontal.....	46
2.19.4 Mantenimiento y durabilidad	46

CAPÍTULO III

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

	Página
3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	48
3.1.1 Criterios de selección de los puntos evaluados	48
3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO	59
3.2.1 Descripción general del área de estudio	72
3.3 MEDICIONES DE CAMPO SOBRE LA DEMARCACIÓN VIAL	76
3.3.1 Procedimiento para la medición de la demarcación vial.....	76
3.3.2 Resultados de las mediciones de campo sobre las demarcaciones viales	79
3.3.3 Cálculo de áreas de las demarcaciones viales	80
3.4 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE PINTURA DE LA DEMARCACIÓN.....	86
3.5 MEDICIONES DE LAS MUESTRAS DE PINTURA EN LABORATORIO	89
3.5.1 Resultados de las mediciones de las muestras de pintura	93

3.6 CÁLCULO DEL ESPESOR PROMEDIO DE LAS MUESTRAS DE PINTURA ..	93
3.7 CÁLCULO DEL ÁREA DE LAS MUESTRAS DE PINTURA	94
3.8 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LAS MUESTRAS DE PINTURA	96
3.9 CÁLCULO DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LAS MUESTRAS DE PINTURA..	97
3.10 EVALUACIÓN DE LA RETRORREFLECTANCIA DE LAS DEMARCACIONES VIALES.....	99
3.10.1 Resultados de la medición de iluminancia reflejada.....	107
3.10.2 Determinación de la retroreflectancia de las demarcaciones viales.....	107
3.11 RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO	108
3.11.1 Dimensiones obtenidas de las demarcaciones viales	108
3.11.2 Espesores obtenidos de las demarcaciones viales	108
3.11.3 Pesos volumétricos obtenidos de las demarcaciones viales	109
3.11.4 Retroreflectancia obtenida de las demarcaciones viales	109
3.12 ANÁLISIS DE RESULTADOS	110
3.12.1 Análisis de las dimensiones obtenidas de las demarcaciones viales.....	110
3.12.2 Análisis de los espesores obtenidos de las demarcaciones viales.....	131
3.12.3 Análisis de los pesos volumétricos obtenidos de las demarcaciones viales.....	139
3.12.4 Análisis de la retrorreflectancia obtenida de las demarcaciones viales.....	147
3.12.5 Evaluación del estado de la demarcación vial.....	160
3.12.6 Comparación técnica y económica de pinturas.....	166
3.12.7 Análisis de precios unitarios de las pinturas analizadas.....	167
3.12.8 Comparación de costos de pintado respecto a la pintura Farben.....	167
3.12.9 Importancia del uso de pinturas adecuadas.....	169

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES	170
4.2 RECOMENDACIONES	173

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A. Registros de siniestralidad vial para identificación de puntos críticos

ANEXO B. Imágenes referenciales de los puntos seleccionados en el estudio

ANEXO C. Mediciones de campo sobre la demarcación vial

ANEXO D. Dimensiones y áreas de las demarcaciones viales

ANEXO E. Extracción de muestras de pintura de la demarcación vial

ANEXO F. Mediciones de las muestras de pintura en laboratorio

ANEXO G. Espesores de las muestras de pintura obtenidos en laboratorio

ANEXO H. Pesos de las muestras de pintura obtenidos en laboratorio

ANEXO I. Áreas de las muestras de pintura calculadas sobre papel milimétrico

ANEXO J. Volúmenes de las muestras de pintura

ANEXO K. Pesos volumétricos de las muestras de pintura

ANEXO L. Iluminancia reflejada por las demarcaciones viales

ANEXO M. Retrorreflectancia de las demarcaciones viales

ANEXO N. Pinturas utilizadas por la Alcaldía en la demarcación vial

ANEXO O. Especificaciones técnicas de la pintura Farben y Laca Duco

ANEXO P. Valores normativos de referencia para comparación de resultados

ANEXO Q. Especificaciones técnicas de pinturas para señalización vial

ANEXO R. Rendimiento de los materiales y de la mano de obra para demarcación vial

ANEXO S. Análisis de precios unitarios de las pinturas analizadas

PLANOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Pintado de la demarcación con brocha y rodillo.....	19
Figura 2.2 Equipo airless vial powrliner 3500.....	19
Figura 2.3 Thermolazer promelt	20
Figura 2.4 Moldes para señalización vial.....	20
Figura 2.5 Equipo moderno para demarcación vial	21
Figura 2.6 Esquema de posición del conductor y de los faros	22
Figura 2.7 Esquema sobre el fenómeno de retroreflexión	23
Figura 2.8 Representación del fenómeno de la retroreflectividad	23
Figura 2.9 Geometría de medición de 30 metros	24
Figura 2.10 Geometría de medición de 15 metros	25
Figura 2.11 Variación ilustrativa de la retroreflectividad	26
Figura 2.12 Líneas longitudinales	28
Figura 2.13 Líneas centrales segmentadas.....	30
Figura 2.14 Líneas centrales continuas	30
Figura 2.15 Líneas centrales mixtas.....	31
Figura 2.16 Líneas de borde de calzada.....	31
Figura 2.17 Cruce controlado por señal pare	33
Figura 2.18 Cruce controlado por señal ceda el paso.....	33
Figura 2.19 Cruce regulado por semáforo.....	34
Figura 2.20 Demarcación para zonas con restricción de bloqueo.....	34
Figura 2.21 Cruce de cebra	35
Figura 2.22 Cruce sendero peatonal.....	35

Figura 2.23 Cruce con resalto trapezoidal.....	36
Figura 2.24 Cruce escolar	36
Figura 2.25 Flecha de frente.....	38
Figura 2.26 Flechas de giro.....	39
Figura 2.27 Flecha de giro a la derecha e izquierda.....	39
Figura 2.28 Flecha de frente y de giro	40
Figura 2.29 Cordón de acera sin demarcación	41
Figura 2.30 Cordón de acera con demarcación	41
Figura 2.31 Resalto trapezoidal o pompeyano	42
Figura 2.32 Resalto parabólico o circular	43
Figura 2.33 Resalto portátil.....	43
Figura 2.34 Resalto tipo cojín	44
Figura 2.35 Coordenadas de color para demarcaciones.....	44
Figura 3.1 Mapa de Tarija ubicación del área de estudio	48
Figura 3.2 Mapa de ubicación de los puntos evaluados en el estudio.....	51
Figura 3.3 Proceso de medición del ancho de las aceras	73
Figura 3.4 Proceso de medición del ancho de las calles	73
Figura 3.5 Distribución de direcciones y sentidos de circulación vehicular.....	73
Figura 3.6 Medición del ancho de las áreas verdes en las avenidas	74
Figura 3.7 Distribución y aplicación de colores en las demarcaciones viales	74
Figura 3.8 Señales verticales en los puntos de estudio	75
Figura 3.9 Presencia de semáforos en las intersecciones evaluadas	75
Figura 3.10 Proceso de medición de las líneas de separación de carriles	76
Figura 3.11 Medición de resaltos o reductores de velocidad	77

Figura 3.12 Medición de flechas direccionales.....	77
Figura 3.13 Medición de líneas de detención.....	78
Figura 3.14 Medición de franjas en pasos peatonales.....	78
Figura 3.15 Medición de dimensiones en cordones de aceras y áreas verdes.....	79
Figura 3.16 Etiquetado de bolsas para identificación de muestras	87
Figura 3.17 Limpieza de la superficie de las demarcaciones viales	88
Figura 3.18 Extracción de muestras de pintura en demarcaciones viales	88
Figura 3.19 Lijado, selección y almacenamiento de muestras de pintura.....	89
Figura 3.20 Resguardo de las muestras de pintura seleccionadas.....	89
Figura 3.21 Laboratorio de física de la U.A.J.M.S.	91
Figura 3.22 Preparación de las muestras para su medición en laboratorio.	91
Figura 3.23 Medición del espesor de las muestras con micrómetro	92
Figura 3.24 Medición del peso de las muestras en balanza	92
Figura 3.25 Cálculo del área de las muestras mediante papel milimétrico	95
Figura 3.26 Esquema geométrico para determinar la altura y el ángulo.....	105
Figura 3.27 Ubicación del vehículo para la medición de iluminancia reflejada	105
Figura 3.28 Ubicación del sensor del luxómetro con la altura y ángulo definidos	105
Figura 3.29 Medición de la iluminancia reflejada en las demarcaciones viales	105

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 Variable independiente	4
Tabla 1.2 Variable dependiente	5
Tabla 2.1 Retroreflectancia inicial a 30 días (mcd/m ² /lux).....	27
Tabla 2.2 Retroreflectancia para repintados.....	27
Tabla 3.1 Nombres de las intersecciones seleccionadas	50
Tabla 3.2 Características generales de los puntos evaluados en el estudio.....	59
Tabla 3.3 Dimensiones de las marcas viales del punto de estudio uno y dos	79
Tabla 3.4 Espesores de las muestras obtenidos en laboratorio	93
Tabla 3.5 Pesos de las muestras obtenidos en laboratorio	93
Tabla 3.6 Espesor promedio de las muestras de pintura	94
Tabla 3.7 Áreas calculadas de las muestras de pintura	96
Tabla 3.8 Volumen calculado de las muestras de pintura	97
Tabla 3.9 Peso volumétrico de las muestras de pintura	99
Tabla 3.10 Valores de iluminancia reflejada en las demarcaciones viales	107
Tabla 3.11 Valores de retrorreflectancia de las demarcaciones viales.....	108
Tabla 3.12 Dimensiones de las demarcaciones viales	108
Tabla 3.13 Espesores de las demarcaciones viales	109
Tabla 3.14 Pesos volumétricos de las demarcaciones viales	109
Tabla 3.15 Retrorreflectancia de las demarcaciones viales	109
Tabla 3.16 Comparación de las dimensiones de las marcas viales con la norma ABC .	129
Tabla 3.17 Comparación de las dimensiones con normativas internacionales	130
Tabla 3.18 Comparación de los resultados obtenidos con normativas internacionales .	159

Tabla 3.19 Evaluación del estado de la demarcación según espesores.....	160
Tabla 3.20 Evaluación del estado de la demarcación según pesos volumétricos	162
Tabla 3.21 Evaluación del estado de la demarcación según retrorreflectancia.....	164
Tabla 3.22 Pinturas utilizadas por la Alcaldía	166
Tabla 3.23 Pinturas especializadas para demarcación vial	166
Tabla 3.24 Diferencias de costos unitarios	168

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 3.1 Justificación de los puntos evaluados en el estudio	51
Cuadro 3.2 Áreas de las demarcaciones de líneas de detención	80
Cuadro 3.3 Áreas de las demarcaciones de pasos peatonales	81
Cuadro 3.4 Áreas de los cordones de acera y de áreas verdes	81
Cuadro 3.5 Áreas de las líneas de separación de carriles.....	82
Cuadro 3.6 Áreas de los rompe muelles o resaltos	83
Cuadro 3.7 Áreas de las flechas direccionales	85
Cuadro 3.8 Dimensiones de las líneas de carriles	110
Cuadro 3.9 Resumen estadístico de las dimensiones medidas.....	110
Cuadro 3.10 Dimensiones de los resaltos	112
Cuadro 3.11 Resumen estadístico de las dimensiones medidas.....	112
Cuadro 3.12 Dimensiones de las flechas direccionales	113
Cuadro 3.13 Resumen estadístico de las dimensiones medidas.....	114
Cuadro 3.14 Dimensiones de las líneas de detención	117
Cuadro 3.15 Resumen estadístico de las dimensiones medidas.....	117
Cuadro 3.16 Dimensiones de los pasos peatonales	119
Cuadro 3.17 Resumen estadístico de las dimensiones medidas.....	120
Cuadro 3.18 Dimensiones de los cordones de acera	123
Cuadro 3.19 Resumen estadístico de las dimensiones medidas.....	124
Cuadro 3.20 Espesores de las marcas viales de color blanco	131
Cuadro 3.21 Distribución de frecuencias y porcentajes de espesores.....	132
Cuadro 3.22 Resumen estadístico de los espesores	132

Cuadro 3.23 Espesores de las marcas viales de color amarillo.....	135
Cuadro 3.24 Distribución de frecuencias y porcentajes de espesores.....	135
Cuadro 3.25 Resumen estadístico de los espesores	136
Cuadro 3.26 Pesos volumétricos de las marcas viales de color blanco	139
Cuadro 3.27 Distribución de frecuencias y porcentajes de pesos volumétricos	139
Cuadro 3.28 Resumen estadístico de los pesos volumétricos	140
Cuadro 3.29 Pesos volumétricos de las marcas viales de color amarillo.....	143
Cuadro 3.30 Distribución de frecuencias y porcentajes de pesos volumétricos	143
Cuadro 3.31 Resumen estadístico de los pesos volumétricos	144
Cuadro 3.32 Retrorreflectancia de las marcas viales de color blanco.....	147
Cuadro 3.33 Distribución de frecuencias y porcentajes de retrorreflectancia	147
Cuadro 3.34 Resumen estadístico de la retrorreflectancia	148
Cuadro 3.35 Retrorreflectancia de las marcas viales de color amarillo.....	151
Cuadro 3.36 Distribución de frecuencias y porcentajes de retrorreflectancia	151
Cuadro 3.37 Resumen estadístico de la retrorreflectancia	152

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 3.1 Distribución del ancho de las líneas de separación de carriles	111
Gráfico 3.2 Distribución de la longitud de los resaltos.....	112
Gráfico 3.3 Distribución de la altura de los resaltos	113
Gráfico 3.4 Distribución del largo de las flechas direccionales.....	115
Gráfico 3.5 Distribución del ancho de las flechas direccionales	116
Gráfico 3.6 Distribución del ancho de las líneas de detención	118
Gráfico 3.7 Distribución del largo de los pasos peatonales	121
Gráfico 3.8 Distribución del ancho de los pasos peatonales.....	122
Gráfico 3.9 Distribución del ancho de los cordones de acera	125
Gráfico 3.10 Distribución de la altura de los cordones de acera.....	126
Gráfico 3.11 Histograma de la distribución de espesores	132
Gráfico 3.12 Histograma de espesores de marcas blancas (puntos 1 al 15)	133
Gráfico 3.13 Histograma de espesores de marcas blancas (puntos 16 al 30)	134
Gráfico 3.14 Histograma de la distribución de espesores	136
Gráfico 3.15 Histograma de espesores de marcas amarillas (puntos 1 al 15).....	137
Gráfico 3.16 Histograma de espesores de marcas amarillas (puntos 16 al 30).....	138
Gráfico 3.17 Histograma de la distribución de pesos volumétricos.....	140
Gráfico 3.18 Histograma de pesos volumétricos de marcas blancas (puntos 1 al 15) ...	141
Gráfico 3.19 Histograma de pesos volumétricos de marcas blancas (puntos 16 al 30) ..	142
Gráfico 3.20 Histograma de la distribución de pesos volumétricos.....	144
Gráfico 3.21 Histograma de densidades de marcas amarillas (puntos 1 al 15)	145
Gráfico 3.22 Histograma de densidades de marcas amarillas (puntos 16 al 30)	146

Gráfico 3. 23 Histograma de la distribución de retrorreflectancia.....	148
Gráfico 3. 24 Histograma de retrorreflectancia de marcas blancas (puntos 1 al 15)	149
Gráfico 3. 25 Histograma de retrorreflectancia de marcas blancas (puntos 16 al 30) ...	150
Gráfico 3. 26 Histograma de la distribución de retrorreflectancia.....	152
Gráfico 3. 27 Histograma de retrorreflectancia de marcas amarillas (puntos 1 al 15)...153	
Gráfico 3. 28 Histograma de retrorreflectancia de marcas amarillas (puntos 16 al 30).154	
Gráfico 3. 29 Comparación de costos de demarcación vial	168