

**OFERTA HÍDRICA ANTE ESCENARIOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN
LA MICROCUENCA DOLORES DEL MUNICIPIO DE PASTO - NARIÑO
(Resumen Analítico)**

**HYDRIC OFFER IN THE FACE OF CLIMATE VARIABILITY SCENARIOS IN THE
DOLORES WATERSHED OF THE MUNICIPALITY OF PASTO - NARIÑO
(Analytical Summary)**

Autores (Authors): CORDOBA BASTIDAS David Alejandro
DORADO MUÑOZ Cristian Alberto
LEGARDA ORELLANA Luisa Fernanda
MORAN PEREZ Dennis Santiago

Facultad (Faculty): de INGENIERÍA (*Engineering*)

Programa (Program): de INGENIERÍA CIVIL (*Civil Engineering*)

Asesor (Support): Mg. Edwar Armando Basante Bolaños

Co-Asesor (Support): Esp. Daniela Alexandra Mejía Tobar

Fecha de terminación del estudio (End of the research): Junio 2024 (*June 2024*)

Modalidad de Investigación (Kind of research): Trabajo de Grado (*Degree work*)

PALABRAS CLAVE

INFRAESTRUCTURA CICLISTA

ANÁLISIS

MOVILIDAD SOSTENIBLE

DIAGNÓSTICO

PROPUESTA DE DISEÑO

KEY WORDS

CYCLING INFRASTRUCTURE

ANALYSIS

SUSTAINABLE MOBILITY

DIAGNOSIS

DESIGN PROPOSAL

RESUMEN: El presente trabajo de grado Análisis de las patologías existentes de la ciclo-infraestructura en los tramos, Calle 22, carrera 19 hasta carrera 14 (Avenida Colombia). y en la Calle 18, carrera 42 hasta salida UNIMAR (Universidad de Nariño). de la ciudad de Pasto, se realizó con el fin de diagnosticar el estado actual y proponer mejoras priorizando la seguridad y comodidad de los ciclo-usuarios, además de promover la movilidad sostenible. Pasto capital de Nariño, presenta limitaciones en su red de ciclorrutas urbanas; mediante un análisis cualitativo y cuantitativo de la documentación gubernamental, aportes académicos y del activismo ciclista, se estableció una línea base para el diagnóstico detallado de estos tramos existentes, puesto que sirve para identificar oportunidades de expansión y mejoras en el diseño; con la finalidad de plantear propuestas concretas de ajustes en los tramos de la Av. Panamericana hacia la Universidad de Nariño y la Av. Colombia en su zona peatonal y segregada; además de identificar el tramo más crítico con el propósito de presentar un diseño geométrico estructurado. Esto contribuirá a facilitar la movilidad sostenible en bicicleta para los diferentes usuarios que hacen uso de los tramos.

ABSTRACT: The present thesis Analysis of the existing pathologies of the cycle-infraestructure in the blocks, Avenida Colombia and on street 18 (Panamericana-Universidad de Nariño) of the city of Pasto, was carried out to diagnose the current state and propose improvements prioritizing the safety and comfort of cycle users, in addition to promoting sustainable mobility. Pasto capital of Nariño, presents limitations in its network of urban cycling routes; through a qualitative and quantitative analysis of government documentation, academic contributions and cyclist activism, a base line was established for the detailed diagnosis of these existing sections, since it serves to identify opportunities for expansion and improvements in the design; with the purpose of putting forward concrete proposals for adjustments in the sections of the Av. Panamericana towards the University of Nariño and Av. Colombia in its pedestrian and segregated area; in addition to identifying the most critical section with the aim of presenting a structured geometric design. This will help to facilitate sustainable bicycle mobility for the different users who use the tracks.

CONCLUSIONES: En el ANEXO A. ENCUESTA DE PERCEPCIÓN. Se realizó con el fin de evidenciar las problemáticas y perspectivas que han tenido los ciclo-usuarios; para el caso del tramo más crítico, correspondientes a la calle 22, carrera 19 – carrera 14, se determinó que los ciclo usuarios en la percepción de satisfacción donde 1 es muy insatisfecho y 5 es muy satisfecho en relación a la conectividad más de un 40% de los encuestados que era insatisfactorio; también el 64% de los encuestados votaron que es muy deficiente el mantenimiento y más del 14.56% de

los encuestados plasmaron el tener obstáculos con objetos físicos y vehículos, lo cual se determinó como punto de partida para una percepción basada en la experiencia del usuario.

Se tiene que en el ANEXO B se expuso la clasificación del tramo comprendido desde la carrera 14 hasta la calle 22 sector Avenida Colombia, según la guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas se clasifica como una ciclo banda sobre el andén de un solo sentido, la cual cumple con los mínimos de ancho de carril especificados; según el POT 2015-2027 esta se clasifica como una ciclo banda segregada y en la cual se comparó anchos de carril ciclista y alameda dando como resultado que estos cumplen con los mínimos establecidos según el Decreto 1504 de 1998 y por último con el decreto 798 del 2010 se obtuvo que esta es una ciclo banda de función primaria, ubicada en un sector urbano y en asfalto.

Se presenta de igual manera en el ANEXO B. En el sector calle 18 Universidad de Nariño- calle Panamericana, se clasifica como ciclorruta primaria bidireccional; En el tramo crra 19 - 22 hasta la crra 16-22 Avenida Colombia se obtuvo una clasificación de Ciclo banda unidireccional en calzada segregada físicamente y La clasificación de la crra 16 - 22 hasta la crra 14-22 Av. Colombia tiene un comportamiento de tipo Banda ciclo preferente en calzada; siendo que estas clasificaciones se basan en el comportamiento que le dan los usuarios al momento de realizar el estudio.

Se desarrollo la evaluación cualitativa y cuantitativa de las patologías presentadas en los tramos de la ciclo-infraestructura estudiada ANEXO. C. En los que se tuvieron en cuenta aspectos como Accesibilidad, Señalización y marcaje, conectividad, iluminación, calidad del pavimento y las opiniones de los usuarios; donde se obtuvo por medio de un estimado porcentual en base a la construcción de Matrices DOFA que en el tramo carrera 16-22 hasta la carrera 14-22 Avenida Colombia se obtuvo unos promedios de relación DO del 2.73/ 7 y DA del 4.86 /7, dado que en estos puntos lo que se busca en un caso idílico es obtener un promedio que tienda a 1, se entiende que es el tramo más crítico puesto que las debilidades activa las amenazas presentes y no permite aprovechar las oportunidades, siendo así que después de realizado el análisis de Matrices Cruzadas DOFA se concluye que es el tramo más crítico en relación con sus fortalezas, amenazas, oportunidades y debilidades.

ANEXO C. Se determinó de manera cuantitativa la calidad del pavimento en todos los tramos evaluados de ciclo-infraestructura, mediante el método del PCI (índice de condición del pavimento) haciendo uso de la norma ASTM D-6433, obteniendo los siguientes resultados, ciclorruta Avenida Panamericana calle 18 hasta la Universidad de Nariño PCI=84 indicado en la escala como (muy buen estado), en la ciclo-banda desde la carrera 14 hasta la calle 22 de la Avenida Colombia PCI=64 (buen estado), y en la banda ciclo preferente de la Avenida Colombia PCI=72 (muy buen estado), por lo tanto se sugiere un mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil de la superficie de rodadura, garantizando confort y seguridad a los ciclo-usuarios.

En el ANEXO. H3 MOVIMIENTO DE TIERRAS Contiene de manera informativa el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras para así establecerse con las condiciones de un diseño geométrico; se presenta para el tramo crítico puesto que ha sido objeto de un análisis detallado debido a las deficiencias significativas en su diseño; como base de este se realizó un estudio de volúmenes presentado en el ANEXO F y velocidades de punto correspondientes al ANEXO G. VELOCIDAD DE PUNTO; con una muestra de 180 vehículos mixtos para encontrar la velocidad media P.50 siendo esta de 34 Km/h, velocidad crítica P.85 la cual es de 42 km/h siendo esta la máxima velocidad segura a la cual se puede circular en este tramo y la velocidad de diseño o de proyecto para el caso es el P98 la cual es de 49 km/h redondeándola a 50 km/h y así poder construir la propuesta la cual se adaptó a los anchos de vía existentes.

En la evaluación patológica nombrada presentada en el ANEXO C5. FORMATO DE DAÑOS, Calle 18, glorieta Panamericana de la calle 18 hasta carrera 42, corresponde a 949.8 kilómetros, donde se evidenciaron varios elementos físicos en deterioro como son elementos de segregación metálicos, contando con más de 60 elementos en mala condición, 16 elementos de segregación físicos (balizas) presente con bastante desgaste, iluminarias 4 sin funcionamiento, 2 señales de tránsito en pésimo estado; estas corresponden a la entrada a la ciclo ruta (SIC-04, SIC-05) inicio y fin de ciclo ruta. Cabe resaltar que hay tramos donde no hay elementos de segregación física k0+190, k0+205, k0+430... y falta demarcación horizontal en varios trayectos del ciclo ruta.

La evaluación patológica nombrada como ANEXO C5. FORMATO DE DAÑOS. corresponde a 958.9 kilómetros en su trayecto de norte a sur y de sur a norte. La Calle 22, carrera 19 hasta carrera 14. Se evidenciaron más afectaciones al pavimento en todo el trayecto del ciclo infraestructura, 5 iluminaras sin servicio y más de 5 señales de tránsito con una disposición visual al ciclo usuario errónea. Los elementos físicos (taches reflectivos) para los vehículos automotores que transitan desde la carrera 16 hasta la carrera 14 en la calle 22, son poco visibles por lo que estos conductores invaden bruscamente el carril ciclista. Evidencia fotográfica ANEXO C4. ANALISIS DE LAS PATALOGIAS CICLO INFRAESTRUCTURA.

Partiendo de una capacidad de servicio de 2943 automóviles, se sugirió una alta demanda en la calle 22, por ende, se puede ver afectada a experimentar congestiones y tiempos de viaje prolongados durante la hora pico la cual es de 12:00pm a 1:00pm, por lo que es fundamental implementar estrategias de gestión de tráfico. Una vez se obtuvieron los datos necesarios para determinar el nivel de servicio del tramo dando como resultado un nivel de Servicio D, este indica una densidad elevada con variaciones no significativas; se caracteriza por una velocidad de circulación y una libertad de maniobra restringida. Este resultado sugiere la presencia de grandes volúmenes de tráfico, lo cual se considera una razón para la invasión en el ciclo infraestructura, es por ello por lo que es de suma importancia la implementación de estrategias considerando la seguridad y comodidad a todo tipo de usuarios.

Se presenta propuestas de mejoramiento y ajustes a las patologías presentes en cada tramo analizado la ciclo infraestructuras en estudio, incluyendo recomendaciones necesarias para que no se vea comprometida la seguridad, comodidad y confort del ciclo usuario, dichas sugerencias están presentes en los siguientes anexos, ANEXO E. PLANOS CON AJUSTES. Contienen propuesta de localización de la señalización a utilizar, según el capítulo 4.1 “Señalización” pg. 147 “Guía de ciclo infraestructuras para vías colombianas” incluyendo señales preventivas como SP-59A, SP-59, SP-59B. Coloración de ciclo infraestructura en tono azul, refleja la campaña de la prevención de accidentes viales, propuesta lanzada por Alcaldía de Cartagena el 18 de enero de 2022. Implementación de bordillo en concreto rígido de dimensiones 0.20 metros de ancho, 0.35 metros de alto, cada 10 metros intercalado en paralelo en el ciclo infraestructura de la Calle 18, glorieta Panamericana de la calle 18 hasta carrera 42 y bordillo con las mismas medidas, para ciclo infraestructura Calle 22, carrera 19 hasta carrera 14, con la diferencia que se extiende continuamente hasta los cruces peatonales e intercepciones.

Los tramos en el ciclo infraestructura Calle 22, carrera 19 hasta carrera 14 corresponde al tramo crítico, por ende, se realizó un diseño geométrico a toda la calzada vehicular de sur a norte. ANEXO H. DISEÑO GEOMETRICO AV. COLOMBIA, Contiene ajustes a la calzada vehicular, reduciendo de dos carriles por calzada a uno solo con dimensiones de 4.3 metros, al diseño geométrico incluye secciones transversales, visualizando bordillo de 0.20 metros de ancho, 0.35 metros de alto. La implementación de la ciclo-infraestructura a partir del bordillo es de 1.80 metros, cumpliendo con las dimensiones mínimas mencionadas en el ANEXO B. Clasificación ciclo infraestructura.

El producto del diseño geométrico entregado en el ANEXO H. se generó con las siguientes especificaciones de diseño, velocidad de diseño de 50 km/h, velocidad correspondiente a la evaluación velocidad de punto en el ANEXO. G. Entre los entregables del diseño geométrico contiene diseño geométrico en archivo Topo 3, especificaciones de las curvas, secciones transversales, diagrama de peraltes y perfil longitudinal. Por ultimo las especificaciones de diseño se ven registradas en la tabla 22.

En los presentes ANEXO D. DISEÑO ACTUAL, correspondientes a los tramos Calle 22, carrera 19 hasta carrera 14, Calle 18, glorieta Panamericana de la calle 18 hasta carrera 42. Presenta georreferenciación correspondiente a placas de control geodésico de la empresa Empopasto S.A.E.S.P. las placas utilizadas para dicha georreferencian son; N003, N004. Correspondiente a calle 18 y EMP066, N132. Corresponde a calle 22.

CONCLUSIONS: In ANNEX A. PERCEPTION SURVEY, it was conducted to highlight the issues and perspectives that cyclists have experienced. For the most critical section, corresponding to 22nd Street, from 19th Avenue to 14th Avenue, it was determined that cyclists rated their satisfaction with connectivity on a scale from 1 (very dissatisfied) to 5 (very satisfied). More than 40% of respondents found connectivity unsatisfactory. Additionally, 64% of respondents rated the maintenance as very poor, and more than 14.56% reported encountering physical obstacles and vehicles, establishing a baseline for a user experience-based perception.

In ANNEX B, the classification of the section from 14th Avenue to 22nd Street along Colombia Avenue was presented. According to the cycle infrastructure guide for Colombian cities, it is classified as a one-way cycle path on the sidewalk, meeting the minimum lane width requirements. According to the 2015-2027 POT, it is classified as a segregated cycle path, and a comparison of lane widths for cyclists and sidewalks showed that they meet the minimums established by Decree 1504 of 1998 and Decree 798 of 2010, which identified it as a primary function cycle path located in an urban area and on asphalt.

Similarly, in ANNEX B, the section from 18th Street at the University of Nariño to Panamericana Street is classified as a two-way primary cycle route. The section from 19th Avenue - 22nd Street to 16th Avenue - 22nd Street along Colombia Avenue was classified as a physically segregated one-way cycle path, and the section from 16th Avenue - 22nd Street to 14th Avenue - 22nd Street along Colombia Avenue was classified as a preferred cycle lane on the roadway. These classifications are based on user behavior during the study.

A qualitative and quantitative evaluation of the pathologies present in the studied cycle infrastructure sections was developed in ANNEX C. Aspects such as accessibility, signage and marking, connectivity, lighting, pavement quality, and user opinions were considered. Using an estimated percentage based on the construction of SWOT matrices, the section from 16th Avenue - 22nd Street to 14th Avenue - 22nd Street along Colombia Avenue obtained an OD ratio average of 2.73/7 and DA of 4.86/7. Since an ideal average tends towards 1, this indicates that it is the most critical section as the weaknesses activate the present threats and do not allow opportunities to be exploited. Thus, after performing the Crossed SWOT Matrices analysis, it is concluded that it is the most critical section regarding its strengths, threats, opportunities, and weaknesses.

In ANNEX C, the pavement quality of all evaluated sections of the cycle infrastructure was quantitatively determined using the PCI (Pavement Condition Index) method following ASTM D-6433. The results were as follows: the cycle route from Panamericana Avenue from 18th Street to the University of Nariño had a PCI=84 (very good condition), the cycle path from 14th Avenue to 22nd Street along Colombia Avenue had a PCI=64 (good condition), and the preferred cycle lane along

Colombia Avenue had a PCI=72 (very good condition). Therefore, preventive maintenance is suggested to prolong the surface's service life, ensuring comfort and safety for cyclists.

ANNEX H3. EARTHWORKS contains informative calculations of earthwork volumes to establish geometric design conditions. This is presented for the critical section due to its significant design deficiencies. A volume study was conducted in ANNEX F and point speeds in ANNEX G. POINT SPEED, with a sample of 180 mixed vehicles to find the average speed P.50 of 34 km/h, critical speed P.85 of 42 km/h, which is the maximum safe speed for this section, and the design speed P98 of 49 km/h, rounded to 50 km/h, adapting the proposal to existing lane widths.

In the pathological evaluation presented in ANNEX C5. DAMAGE FORMAT, 18th Street, Panamericana roundabout from 18th Street to 42nd Avenue, corresponding to 949.8 kilometers, several deteriorated physical elements were evidenced, including over 60 metal segregation elements in poor condition, 16 physical segregation elements (bollards) with significant wear, 4 non-functional lighting units, and 2 traffic signs in poor condition (SIC-04, SIC-05) at the start and end of the cycle route. There are sections without physical segregation elements at k0+190, k0+205, k0+430, and several segments of the cycle route lack horizontal marking.

The pathological evaluation referred to as ANNEX C5. DAMAGE FORMAT corresponds to 958.9 kilometers in its north-south and south-north route. On 22nd Street, from 19th Avenue to 14th Avenue, more pavement issues were identified throughout the cycle infrastructure, with 5 non-functional lighting units and over 5 traffic signs with incorrect visual placement for cyclists. The physical elements (reflective tacks) for motor vehicles from 16th Avenue to 14th Avenue on 22nd Street are barely visible, causing drivers to intrude into the cycle lane. Photographic evidence is in ANNEX C4. ANALYSIS OF CYCLE INFRASTRUCTURE PATHOLOGIES.

With a service capacity of 2943 vehicles, a high demand was suggested for 22nd Street, likely causing congestion and prolonged travel times during peak hours (12:00 pm to 1:00 pm), necessitating traffic management strategies. The necessary data to determine the level of service of the section resulted in a Level of Service D, indicating high density with insignificant variations, characterized by restricted speed and maneuverability. This suggests high traffic volumes, causing cycle infrastructure invasion, emphasizing the importance of strategies to ensure safety and comfort for all users.

Improvement proposals and adjustments for the present pathologies in each analyzed section of the cycle infrastructure are presented, including necessary recommendations to ensure the safety, comfort, and convenience of cyclists. These suggestions are in ANNEX E. PLANS WITH ADJUSTMENTS, including proposed

signage locations according to Chapter 4.1 "Signage" pg. 147 of the "Cycle Infrastructure Guide for Colombian Roads," including preventive signs like SP-59A, SP-59, SP-59B. Blue coloring of the cycle infrastructure reflects the traffic accident prevention campaign launched by the Cartagena Mayor's Office on January 18, 2022. Implementation of a rigid concrete curb with dimensions of 0.20 meters wide, 0.35 meters high, every 10 meters in parallel along the cycle infrastructure from 18th Street, Panamericana roundabout from 18th Street to 42nd Avenue, and the same curb dimensions for the cycle infrastructure on 22nd Street from 19th Avenue to 14th Avenue, extending continuously to pedestrian crossings and intersections.

The sections in the cycle infrastructure on 22nd Street from 19th Avenue to 14th Avenue correspond to the critical section, so a geometric design was created for the entire roadway from south to north. ANNEX H. GEOMETRIC DESIGN AV. COLOMBIA contains adjustments to the roadway, reducing from two lanes per roadway to one with dimensions of 4.3 meters. The geometric design includes cross sections, visualizing a curb of 0.20 meters wide, 0.35 meters high. The cycle infrastructure implementation from the curb is 1.80 meters, meeting the minimum dimensions mentioned in ANNEX B. Cycle Infrastructure Classification.

The geometric design delivered in ANNEX H was generated with the following design specifications: design speed of 50 km/h, corresponding to the point speed evaluation in ANNEX G. The geometric design deliverables include geometric design in Topo 3 format, curve specifications, cross sections, superelevation diagram, and longitudinal profile. Finally, the design specifications are recorded in Table 22.

ANNEX D. CURRENT DESIGN corresponds to the sections from 22nd Street, from 19th Avenue to 14th Avenue, and 18th Street, Panamericana roundabout from 18th Street to 42nd Avenue. It presents georeferencing corresponding to geodetic control plates of the company Empopasto S.A.E.S.P. The plates used for this georeferencing are: N003, N004 for 18th Street and EMP066, N132 for 22nd Street.

RECOMENDACIONES: Con base en los resultados obtenidos y el análisis realizado, se hace evidente la necesidad de realizar labores de mantenimiento y repintado en la ciclo-infraestructura de los tramos evaluados, ya que estas vías son fundamentales para promover la movilidad sostenible y segura.

Se sugiere fomentar el uso de la ciclo-infraestructura con campañas informativas, ya que no solo beneficia a los usuarios directos, sino que también genera un impacto positivo en toda la comunidad al generar entornos urbanos más amigables, además es favorable a lo relacionado con la salud pública y la movilidad urbana.

Es necesario incorporar elementos de segregación física adecuada, como un bordillo de concreto, en el tramo más crítico, separando de manera clara y efectiva a los ciclo-usuarios de los vehículos motorizados en la calzada, generando seguridad al disminuir el riesgo de colisión.

RECOMMENDATIONS: Based on the results obtained and the analysis conducted, it is evident that maintenance and repainting efforts are needed for the evaluated sections of the cycling infrastructure, as these routes are crucial for promoting sustainable and safe mobility.

It is recommended to encourage the use of the cycling infrastructure through informational campaigns, as this not only benefits direct users but also has a positive impact on the entire community by creating more friendly urban environments. Additionally, it is favorable for public health and urban mobility.

Incorporating proper physical segregation elements, such as a concrete curb, in the most critical section is necessary. This will clearly and effectively separate cyclists from motorized vehicles on the roadway, enhancing safety by reducing the risk of collisions.