

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño para la implementación de reductores de velocidad de caucho reciclado para la pacificación de tránsito en el anillo vial del Campus Prosperina Espol.

INGE-2566

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Ramón Francisco Verduga Vera

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mis padres, Ramón Verduga y Marllury Vera, quienes me han colmado de amor y han sido los pilares fundamentales en mi vida.

A mis hermanos, Maryuri, Yaritza y Lenin, que siempre me han brindado consejos y cariño incondicional.

A mis sobrinos, Dalton y Karoline, a quienes amo como a mis propios hijos.

Y, finalmente, a mi futura esposa, Gabriela Noroña, quien ha estado a mi lado, dándome la fuerza y el apoyo necesarios para no rendirme hasta alcanzar esta meta.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Jehová por darme la sabiduría y las fuerzas necesarias para llegar hasta esta etapa de mi vida.

A la ESPOL y a la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, por la formación que me han brindado durante todos estos años.

A la Gerencia de Infraestructura Física de la ESPOL, por su apoyo durante la realización de este proyecto.

A los ingenieros Cristhian Aguilar y Jonathan Méndez, quienes siempre estuvieron dispuestos a compartir sus conocimientos, a pesar de no estar obligados a hacerlo.

Y a los ingenieros Carola Gordillo y Lenin Dender, por la paciencia y orientación necesarias para culminar este proyecto.

Declaración Expresa

Yo Ramón Francisco Verduga Vera acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 27 de septiembre del 2024



Firmado electrónicamente por:
RAMON FRANCISCO
VERDUGA VERA

Ramon Francisco

Verduga Vera

Evaluadores



Firmado electrónicamente por:
**LENIN ALEXANDER
DENDER AGULLAR**

Ing. Lenin Alexander Dender Aguilar

Profesor de Materia



Firmado electrónicamente por:
**CAROLA MARIA
GORDILLO VERA**

Ing. Carola María Gordillo Vera

Tutor de proyecto

Resumen

El proyecto tiene como objetivo diseñar un tope de caucho como reductor de velocidad, utilizando llantas usadas, para pacificar el tránsito en las vías de la ESPOL, integrando aspectos sociales, económicos y ambientales. Se justifica como una alternativa sostenible y económicamente viable para mejorar la seguridad vial en el campus. Para el desarrollo del proyecto, se seleccionaron puntos críticos en las vías locales de ESPOL mediante un análisis del tráfico y se diseñaron reductores de velocidad utilizando caucho reciclado. Se emplearon herramientas de modelado, técnicas de reciclaje y se cumplieron normas de seguridad y construcción vigentes. Los resultados mostraron que los reductores de velocidad de caucho reciclado son una opción rentable y eficiente, con un costo significativamente menor en comparación con los reductores de concreto tradicionales. Además, se determinó que el uso de llantas recicladas tiene un impacto positivo en la reducción de desechos y en la mejora de la seguridad vial. Se concluye que la implementación de estos reductores de velocidad es una alternativa viable que contribuye a la sostenibilidad ambiental y económica en el campus, recomendándose su aplicación en otras zonas de ESPOL.

Palabras clave: Reductor de velocidad, caucho reciclado, seguridad vial, sostenibilidad.

Abstract

The project aims to design a rubber speed bump using recycled tires to calm traffic on the roads of ESPOL, integrating social, economic, and environmental aspects. It is justified as a sustainable and economically viable alternative to improve road safety on campus. For the project development, critical points on ESPOL's local roads were identified through traffic analysis, and rubber speed bumps were designed using recycled rubber. Modeling tools, recycling techniques, and compliance with current safety and construction standards were utilized. The results showed that rubber speed bumps are a cost-effective and efficient option, with a significantly lower cost compared to traditional concrete speed bumps. Additionally, it was determined that using recycled tires has a positive impact on waste reduction and road safety improvement. It is concluded that implementing these speed bumps is a viable alternative that contributes to environmental and economic sustainability on campus, and its application is recommended in other areas of ESPOL.

Keywords: *Speed bump, recycled rubber, road safety, sustainability.*

Índice General

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Abreviaturas.....	VII
Simbología.....	VIII
Índice de figuras.....	IX
Índice de tablas.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
Capítulo 1.....	1
1. Introducción.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Descripción del Problema.....	4
1.3 Justificación del Problema.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
Capítulo 2.....	8
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
2.1 Revisión de literatura.....	9
2.1.1 Definición de reductor de velocidad.....	9
2.1.2 Tipos de reductores de velocidad.....	9
2.1.3 Materiales empleados en reductores de velocidad.....	11
2.1.4 Ciclo de vida de los reductores de velocidad.....	12
2.1.5 Caucho reciclado.....	14
2.2 Área de estudio.....	14
2.3 Trabajo de campo y laboratorio.....	16

2.3.1	Levantamiento de información	16
2.3.2	Aceptación de la comunidad	18
2.4	Análisis de alternativas.....	21
2.4.1	Reductores de Velocidad de Concreto.....	21
2.4.2	Reductores de Velocidad de Caucho Reciclado	23
2.4.3	Selección de la Mejor Alternativa.....	24
Capítulo 3	26
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES	27
3.1	Concepción del proyecto.....	27
3.2	Memoria técnica.....	27
3.2.1	Fundamentación teórica	27
3.2.2	Señalización vertical	29
3.2.3	Dimensionamiento	29
3.2.4	Proceso constructivo	30
3.3	Especificaciones Técnicas.....	33
3.3.1	Desbroce y limpieza.....	33
3.3.2	Campamento de ingeniería	33
3.3.3	Provisión de botiquín grande (metálico) de primeros auxilios incluido insumos médicos-medicina	34
3.3.4	Desalojo de materiales de construcción.....	35
3.3.5	Delimitación del área de construcción con cinta de peligro	35
3.3.6	Módulo reductor de velocidad de caucho incluye instalación	36
Capítulo 4	37
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL	38
4.1	Descripción del proyecto.....	38
4.2	Línea base ambiental.....	39

4.2.1	Calidad del aire	39
4.2.2	Nivel de ruido	40
4.2.3	Suelo y paisaje	40
4.2.4	Trafico y movilidad.....	40
4.2.5	Biodiversidad	41
4.3	Actividades del proyecto.....	42
4.4	Identificación de impactos ambientales	43
4.5	Valoración de impactos ambientales.....	44
4.5.1	Alteración del entorno natural:	44
4.5.2	Contaminación del aire y generación de ruido:	45
4.5.3	Contaminación del suelo y agua:	46
4.5.4	Agotamiento de recursos naturales:	47
4.5.5	Emisión de gases de efecto invernadero (GEI):.....	47
4.6	Medidas de prevención/mitigación	47
4.6.1	Contaminación del aire y generación de ruido:	47
4.6.2	Contaminación del suelo y agua:	48
4.6.3	Agotamiento de recursos naturales:	48
4.6.4	Emisión de gases de efecto invernadero (GEI):.....	48
4.6.5	Plan de manejo ambiental propuesto:	49
Capítulo 5	50
5.	PRESUPUESTO	51
5.1	Estructura Desglosada de Trabajo	51
5.2	Rubros y análisis de precios unitarios	51
5.3	Descripción de cantidades de obra	52
5.4	Valoración integral del costo del proyecto.....	52
5.5	Cronograma de obra	53

Capítulo 6.....	56
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
6.1 Conclusiones	57
6.2 Recomendaciones.....	58
Referencias.....	61
PLANOS Y ANEXOS.....	64

Abreviaturas

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

EIA Estudio de impacto ambiental

PMA Plan de manejo ambiental

UBEP Unidad de bienestar estudiantes y politécnico

Simbología

mil Milésima de pulgada

mg Miligramo

m Metro

m² Metro cuadrado

Índice de figuras

Ilustración 1 Reductor de velocidad tipo resalto.....	9
Ilustración 2 Reductor de velocidad tipo lomo de toro.....	10
Ilustración 3 Reductor de velocidad tipo meseta	11
Ilustración 4 Mapa general de la ESPOL.....	15
Ilustración 5 Mapa de delimitación de área de estudio.....	16
Ilustración 6 Edificio de STEM y UBEP.....	17
Ilustración 7 Parqueadero auxiliar y parqueadero de la FCNM	18
Ilustración 8 Resultados de la primera pregunta de la encuesta	19
Ilustración 9 Resultados de la segunda pregunta de la encuesta.....	20
Ilustración 10 Resultados de la tercera pregunta de la encuesta.....	21
Ilustración 11 Resalto bidireccional con dos carriles de circulación.....	28
Ilustración 12 Señalización vertical indicadora de resalto.....	29
Ilustración 13 Detalle de los modulos de caucho reciclado	30
Ilustración 14 Perforación a través de los orificios predefinidos.....	32
Ilustración 15 Estructura desglosada del trabajo	51
Ilustración 16 Cronograma del trabajo	55

Índice de tablas

Tabla 1 Matriz de decisión para elección de mejor alternativa.....	25
Tabla 2 Resumen de factores e impactos ambientales.....	44
Tabla 3 Clase de pulverulencia para materiales solidos.....	46
Tabla 4 Puntuación para cada clase de pulverulencia.....	46
Tabla 5 Cantidades de obra.....	53

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Implementación primer reductor de velocidad

PLANO 2 Implementación segundo reductor de velocidad

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El desarrollo de infraestructuras viales seguras y sostenibles es una prioridad global para garantizar la movilidad eficiente y la seguridad de las personas. A medida que las ciudades crecen y la densidad del tráfico aumenta, la implementación de medidas eficaces de control de velocidad se vuelve crucial para prevenir accidentes y proteger tanto a los conductores como a los peatones.

En muchas ciudades, los límites de velocidad y la señalización tanto vertical como horizontal han sido utilizadas como soluciones tradicionales para controlar el flujo vehicular y reducir la cantidad de siniestros de tránsito. No obstante, estos métodos por lo general no son suficientes por sí solos. Por ello, es fundamental implementar elementos físicos para la reducción de velocidad, como los reductores o topes, que obliguen a los conductores a reducir su velocidad de manera efectiva.

La implementación de materiales reciclados en la construcción de infraestructuras viales ha ganado popularidad en los últimos años debido a sus beneficios tanto ambientales como económicos. La transformación de llantas usadas en elementos como reductores de velocidad es una práctica innovadora que no solo ayuda a mejorar la seguridad vial, sino que también aborda el problema del manejo de residuos. Este enfoque está alineado con las tendencias globales hacia la economía circular y el desarrollo sostenible.

Los neumáticos usados representan una fuente significativa de residuos sólidos en todo el mundo. Tradicionalmente, estos neumáticos terminan en vertederos o son incinerados, prácticas que tienen impactos ambientales negativos. El reciclaje de llantas no solo reduce la

cantidad de residuos en los vertederos, sino que también proporciona un material duradero y flexible para la construcción de elementos de seguridad vial.

Múltiples estudios y proyectos han confirmado la eficacia de los reductores de velocidad fabricados de caucho reciclado en comparación con los tradicionales de hormigón o plástico. (Rigotti & Dorigato, 2022) Estos reductores de caucho reciclado presentan ventajas como una instalación más rápida, menor desgaste de los vehículos, y una mejor adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas. Además, su producción es menos intensiva en recursos y energía, lo que contribuye a una menor huella de carbono. (U.S. Environmental Protection Agency Office of Resource Conservation and Recovery, 2019)

En la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), la expansión del campus y el incremento del tráfico vehicular han puesto de manifiesto la necesidad de adoptar medidas adicionales de seguridad vial. A pesar de contar con una adecuada señalización y límites de velocidad, los incidentes de tráfico continúan siendo un problema recurrente. La implementación de reductores de velocidad de caucho reciclado ofrece una solución viable y sostenible para mejorar la seguridad en el campus.

El énfasis en el reciclaje y la reutilización de materiales está en consonancia con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, especialmente los relacionados con la industria, la innovación, infraestructuras sostenibles, y el consumo y producción responsables. Estos objetivos promueven prácticas que benefician a la economía, al medio ambiente y a la sociedad.

La implementación de materiales reciclados en la construcción de elementos de control de velocidad es una respuesta innovadora y necesaria ante los constantes desafíos de seguridad vial y de sostenibilidad ambiental. El proyecto de implementar reductores de velocidad de caucho reciclado en el campus de ESPOL no solo promete mejorar la seguridad

vial, sino que también contribuye significativamente a los esfuerzos globales por gestionar los residuos de manera más eficaz y fomentar prácticas de construcción sostenibles.

1.2 Descripción del Problema

En el campus de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), a pesar de tener una señalización adecuada y límites de velocidad definidos, continúan ocurriendo un número considerable de incidentes de tráfico. Estos accidentes ponen en riesgo la seguridad de estudiantes, profesores y personal administrativo, generando preocupaciones sobre la efectividad de las medidas actuales de control de velocidad.

El problema principal radica en la falta de dispositivos efectivos para reducir la velocidad en puntos críticos del campus. Aunque se han implementado medidas tradicionales como señales de tráfico y límites de velocidad, estas no han sido suficientes para disminuir el número de accidentes. La ausencia de reductores de velocidad contribuye a que los vehículos circulen a velocidades peligrosas, especialmente en áreas con alta afluencia de peatones.

Este proyecto propone la implementación de reductores de velocidad fabricados con caucho reciclado, derivados de neumáticos usados. Los requerimientos clave para esta solución incluyen durabilidad, efectividad en la reducción de velocidad, facilidad de instalación y mantenimiento, y sostenibilidad ambiental. La solución también debe ser económicamente viable y compatible con las infraestructuras existentes del campus.

Las restricciones del proyecto incluyen la necesidad de minimizar las interrupciones durante la instalación y garantizar que los reductores no afecten negativamente el flujo de tráfico o el acceso de vehículos de emergencia. Además, es fundamental que los materiales empleados cumplan con los estándares de seguridad y calidad.

Las variables de interés en este proyecto incluyen la frecuencia y gravedad de los incidentes de tráfico antes y después de la instalación de los reductores de velocidad, la velocidad promedio de los vehículos en las áreas intervenidas, y la aceptación y percepción de la comunidad universitaria respecto a los nuevos dispositivos.

ESPOL es una institución educativa de prestigio, comprometida con la innovación y la sostenibilidad. La implementación de esta solución no solo mejorará la seguridad vial en el campus, sino que también promoverá prácticas ambientales responsables, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

1.3 Justificación del Problema

La resolución del problema de los incidentes de tráfico en el campus de ESPOL es crucial por varias razones. En primer lugar, mejorar la seguridad vial es una prioridad para proteger a los estudiantes, profesores y personal administrativo. La implementación de reductores de velocidad de caucho reciclado ayudará a reducir la frecuencia y gravedad de los accidentes, creando un entorno más seguro para todos los miembros de la comunidad universitaria.

Además, la utilización de neumáticos reciclados en la fabricación de estos reductores promueve prácticas ambientales sostenibles. Esto no solo contribuye a la reducción de residuos sólidos, sino que también apoya la economía circular, donde los materiales son reutilizados de manera eficiente, minimizando el impacto ambiental. Resolver este problema también demuestra el compromiso de ESPOL con la innovación y la sostenibilidad, alineándose con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y reforzando su reputación como una institución educativa líder.

La reducción de accidentes también puede llevar a una disminución de costos asociados con daños materiales y personales, además de mejorar la percepción general de seguridad entre los usuarios del campus. Por otro lado, no abordar este problema podría tener consecuencias negativas significativas. La persistencia de incidentes de tráfico continuaría poniendo en riesgo la vida y bienestar de la comunidad universitaria, generando potenciales responsabilidades legales y daños a la reputación de ESPOL. Además, ignorar la oportunidad de implementar soluciones sostenibles podría resultar en una acumulación innecesaria de residuos de neumáticos, contribuyendo a la contaminación ambiental.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un tope de caucho como reductor de velocidad, con el uso y transformación de llantas usadas, como alternativa para pacificar el tránsito en vías de la ESPOL, integrando los ejes sociales, económicos y ambientales.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la ubicación de puntos críticos en el trazado de las vías locales en ESPOL para la implementación de reductores de velocidad, mediante un análisis detallado del tráfico y los incidentes registrados.
- Diseñar una propuesta de pacificación de tránsito utilizando reductores de velocidad hechos de caucho reciclado, considerando la composición de los materiales de las llantas usadas, la carga vehicular que deben soportar y su vida útil.

- Evaluar la rentabilidad socioeconómica de la implementación del proyecto mediante un análisis costo-beneficio para determinar la viabilidad de la posible inversión.

Capítulo 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Revisión de literatura

2.1.1 Definición de reductor de velocidad

Los reductores de velocidad son dispositivos de control de tráfico que buscan reducir gradualmente la velocidad en diferentes tramos de una vía o carretera, con el objetivo de disminuir la cantidad de accidentes causados por el exceso de velocidad.(Cueva Bravo, 2018)

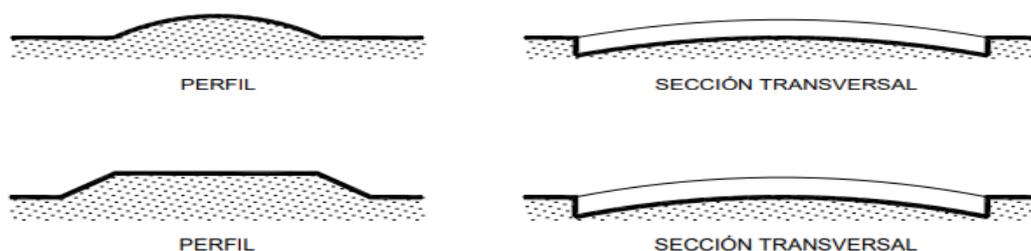
2.1.2 Tipos de reductores de velocidad

2.1.2.1 *Reductores tipo resalto*

Este tipo de reductores son los que se encuentran con más frecuencia dentro de las ciudades, usualmente fabricados de concreto. Usualmente son instalados en las vías o tramos de carretera que atraviesen zonas urbanas y cuya velocidad de operación sea menor o igual que 50 km/h. Cuando la velocidad de operación es mayor se debe agregar una zona de aproximación que permita disminuirla hasta llegar al reductor de velocidad. Sus dimensiones están determinadas por las normas del país o ciudad donde son aplicados.(Federal Highway Administration, 1999)

Ilustración 1

Reductores de velocidad tipo resalto



Nota. La figura muestra reductores de velocidad tipo resalto con formas circular y trapezoidal respectivamente. Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú, 2011)

2.1.2.2 Reductores tipo lomo de toro

Son dispositivos físicos de dimensiones menores a los resaltos, usualmente se fabrican de caucho o plástico.

Ilustración 2

Reductores de velocidad tipo lomo de toro



Nota. La figura muestra reductores de velocidad tipo lomo de toro de distintas dimensiones.

Fuente: (Club Europeo de Automovilistas de Chile, 2013)

2.1.2.3 Reductores tipo meseta

Al igual que los tipos resalto, estos son una sección elevada de la vía, pero con una mayor longitud, generando mayor confort durante la transición.

Ilustración 3

Reductor de velocidad tipo meseta



Nota. La figura muestra un reductor de velocidad tipo meseta de caucho. Fuente: (Cactus Traffic, 2020)

2.1.2.4 Reductores tipo banda de frenado

Consisten en bandas perpendiculares a la vía que generan vibraciones cuando se transita sobre ellas, para advertir a los conductores y reduzcan la velocidad.

2.1.3 Materiales empleados en reductores de velocidad**2.1.3.1 Reductores de asfalto**

Este material es usado para los reductores tipo resalto y meseta debido a su alta durabilidad y resistencia frente al tráfico pesado.

2.1.3.2 Reductores de concreto

Al igual que el asfalto es usado para reductores tipo resalto y meseta, pero con una durabilidad aún mayor.

2.1.3.3 Reductores de plástico y caucho

Son típicamente usados en los reductores tipo lomo de toro y en bandas de frenado, ofrecen una resistencia considerable y son fáciles de instalar y remover.

2.1.4 Ciclo de vida de los reductores de velocidad

El ciclo de vida de los reductores de velocidad envuelve distintas etapas, desde la obtención de los materiales, la instalación, el uso, mantenimiento y de ser necesario la eliminación o el reciclaje, y esto será diferente según cada uno de los materiales empleados.

2.1.4.1 Ciclo de vida de reductores de concreto

Los reductores de velocidad de hormigón son fabricados a partir de cemento, arena, grava y agua. La extracción y procesamiento de estos materiales representa un impacto ambiental alto debido a las emisiones de CO₂ además del uso elevado de energía. La producción del hormigón requiere de plantas especializadas para realizar las mezclas respectivas, lo cual genera emisiones adicionales durante la calcinación del cemento. Estos reductores son transportados al sitio de instalación, un proceso que consume combustible y produce más emisiones. La instalación requiere equipo pesado y mano de obra especializada, siendo costosa y disruptiva para el tráfico. Sin embargo, su durabilidad es alta, soportando tráfico pesado durante muchos años con poco mantenimiento. Al final de su vida útil, los reductores de concreto deben ser desmantelados, generando residuos difíciles de manejar, aunque pueden ser reciclados para usos secundarios como relleno y bases de carreteras.

2.1.4.2 Ciclo de vida de reductores de velocidad de plástico

Los reductores de velocidad de plástico se fabrican a partir de petróleo y gas natural, lo que conlleva un elevado impacto ambiental desde la extracción de las materias primas hasta su procesamiento químico, el cual también consume energía y produce emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, son livianos, lo que reduce el impacto del transporte en comparación con el concreto. La instalación de reductores de plástico es rápida y menos disruptiva, requiriendo menos equipo pesado y mano de obra. Aunque son menos duraderos que los de concreto, especialmente en condiciones climáticas extremas, su mantenimiento y reemplazo son más sencillos y económicos.

Al final de su vida útil, estos reductores son fáciles de retirar. Pueden ser reciclados, aunque el proceso es complejo y no todos los tipos de plástico son reciclables, lo que puede contribuir a la contaminación ambiental si no se gestionan adecuadamente.

2.1.4.3 Ciclo de vida de reductores de velocidad de caucho reciclado

Los reductores de velocidad de caucho reciclado se fabrican a partir de neumáticos usados, abordando el problema de los residuos de neumáticos y promoviendo la economía circular. La fabricación implica la trituración mecánica de los neumáticos, un proceso menos intensivo en energía que la producción de concreto o plástico. Estos reductores son relativamente livianos, minimizando el impacto ambiental del transporte. Su instalación es rápida y sencilla, sin necesidad de equipo pesado, causando mínimas interrupciones al tráfico. En cuanto a durabilidad, son flexibles y capaces de soportar condiciones variadas y tráfico pesado, requiriendo menos mantenimiento que los de plástico. Al final de su vida útil, los reductores de caucho reciclado son fáciles de retirar y pueden ser nuevamente reciclados o reutilizados en otros productos, contribuyendo a una economía circular y reduciendo el impacto ambiental.

2.1.5 Caucho reciclado

El caucho, o también conocido como Hule, es un material elastómero con una resistencia química y una elasticidad que los convierte de vital importancia para la fabricación de diversos productos, como llantas o neumáticos, zapatos, tuberías, entre otros (Fang et al., 2001).

Para el año 2014 la demanda mundial de este material fue de 28.9 millones de toneladas, para el año 2015 esta demanda aumento en un 0.7% y desde el 2016 hasta el presente año, según las proyecciones, ha presentado un aumento en su demanda del 3.1% anual en promedio (Peláez Arroyave et al., 2017)

Reciclar el caucho comprende retos logísticos y tecnológicos debido a la complejidad del material siendo posible reciclarlo solo mediante trituración mecánica o métodos químicos, además se debe tener en cuenta que cerca del 70% del caucho producido a nivel mundial es para la fabricación de neumáticos, lo que equivale a 17 millones de toneladas de neumáticos fuera de uso. Dentro de una llanta la cantidad de caucho corresponde a un 47% del peso total, dejando como resultado entre 7 y 9 millones de toneladas de caucho que se desecha proveniente de llantas fuera de uso a nivel mundial (Sienkiewicz et al., 2012).

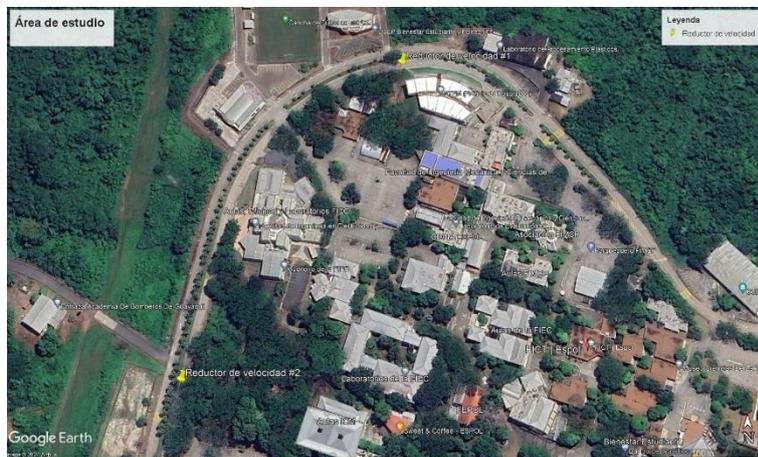
2.2 Área de estudio

El área de estudio para la ejecución de este proyecto es el campus Gustavo Galindo de la Escuela Superior Politécnica del litoral, al noroeste de la ciudad de Guayaquil. Este campus tiene una extensión de 7.24 km², dentro de las cuales se encuentran las facultades y las áreas verdes.

reductor de velocidad conectará el parqueadero de la FCNM con el parqueadero ubicado antes de la entrada a la academia de bomberos de Guayaquil. De esta manera, este tramo, donde los conductores no suelen respetar el límite de velocidad, se convertirá en una zona segura tanto para conductores como para peatones, permitiendo conectar ambos lados de la vía principal de ESPOL.

Ilustración 5

Mapa de delimitación de área de estudio



Nota. Imagen tomada de Google Earth

2.3 Trabajo de campo y laboratorio

2.3.1 Levantamiento de información

Se ejecutó un recorrido con un encargado de la parte beneficiaria de este proyecto (ESPOL), donde se identificaron los puntos críticos para la aplicación de los reductores de velocidad. Este recorrido también sirvió para conocer las necesidades que el proyecto debe cumplir en torno a la pacificación de la vía principal de ESPOL.

Durante este recorrido, se determinó que uno de los puntos críticos para la implementación del primer reductor de velocidad es a la altura del edificio STEM y del

edificio de UBEP. En el primer edificio se realizan reuniones periódicas con grandes aforos, pero desafortunadamente, el parqueadero no puede albergar todos los vehículos, obligando a los conductores a usar el parqueadero del segundo edificio, que se encuentra al otro lado de la vía. Esto representa un peligro para los peatones, ya que este es uno de los tramos donde los conductores normalmente no respetan el límite de velocidad. Con la implementación de este reductor de velocidad junto con su respectiva señalización vertical y paso de cebra, se conectarían estos dos puntos, aumentando la seguridad de los peatones y permitiendo una pacificación de la vía principal de ESPOL.

Ilustración 6

Edificio STEM y edificio de UBEP



Nota. Edificios que se conectarán mediante la implementación del reductor de velocidad #1

El segundo punto crítico donde se propone la implementación de un reductor de velocidad se encuentra a la altura del parqueadero antes del ingreso a la Academia de

Bomberos de Guayaquil. La importancia de este reductor de velocidad, junto con su respectivo paso de cebra, es similar a la del punto anterior, ya que el parqueadero de la FCNM muchas veces no puede albergar todos los vehículos de los estudiantes y docentes. Esto obliga a los usuarios a estacionar sus vehículos en el parqueadero al otro lado de la vía y cruzar a pie hasta los laboratorios de la FCNM, lo cual representa un peligro constante, ya que este es otro tramo donde el límite de velocidad no es respetado.

Ilustración 7

Parqueadero auxiliar y parqueadero de la FCNM



Nota. Parqueaderos que se conectarán mediante la implementación del reductor de velocidad #2

2.3.2 Aceptación de la comunidad

Para evaluar la aceptación de la comunidad educativa respecto a la implementación de reductores de velocidad en el campus de ESPOL, así como para determinar su utilidad

percibida por los peatones, se llevó a cabo una encuesta a 60 integrantes de la comunidad educativo, que tuvo como objetivo recoger opiniones sobre la necesidad de más reductores de velocidad, las preferencias entre las alternativas de concreto y caucho reciclado, y la percepción de la utilidad de estos dispositivos para mejorar la seguridad vial en la avenida principal del campus. Los resultados obtenidos fueron fundamentales para la selección e implementación de la mejor alternativa, promoviendo así un entorno más seguro y sostenible. En esta encuesta se realizaron las siguientes preguntas:

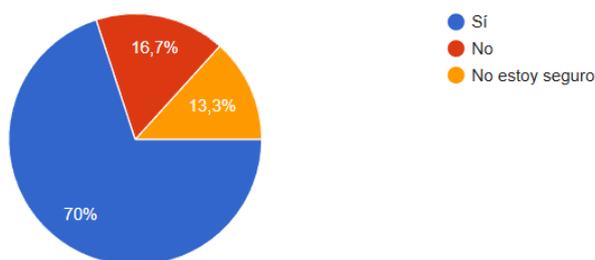
- ✓ ¿Cree usted que deberían implementarse más reductores de velocidad en otras áreas del campus de ESPOL?
- ✓ ¿Cuál de las dos alternativas de reductores de velocidad preferiría que se implementara en el campus de ESPOL?
- ✓ ¿Qué tan útiles le parecen los reductores de velocidad como peatón para cruzar la avenida principal del campus?

2.3.2.1 Análisis de Resultados de la Encuesta

Pregunta 1: ¿Cree usted que deberían implementarse más reductores de velocidad en otras áreas del campus de ESPOL?

Ilustración 8

Resultados de la primera pregunta de la encuesta.

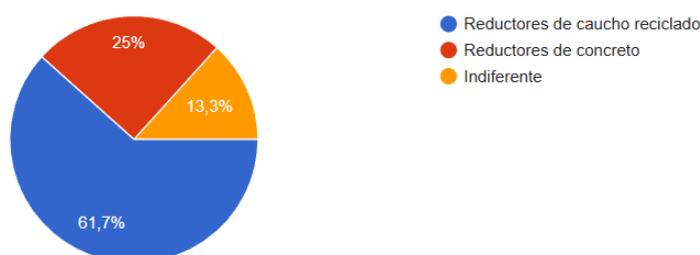


De las 60 respuestas obtenidas, el 70% de los encuestados (42 personas) consideran que sí deberían implementarse más reductores de velocidad en otras áreas del campus. Un 16.7% (10 personas) respondieron que no, y el 13.3% (8 personas) indicaron que no estaban seguros. Esto sugiere un amplio consenso en la comunidad educativa sobre la necesidad de incrementar las medidas de control de velocidad para mejorar la seguridad vial en el campus.

Pregunta 2: ¿Cuál de las dos alternativas de reductores de velocidad preferiría que se implementara en el campus de ESPOL?

Ilustración 9

Resultados de la segunda pregunta de la encuesta.

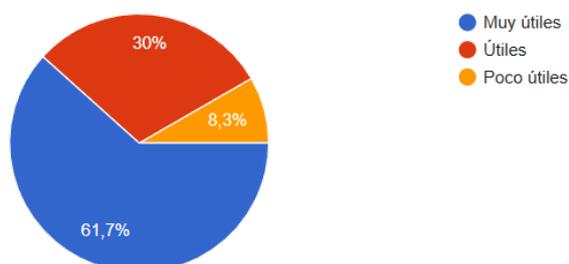


En cuanto a la preferencia entre las dos alternativas propuestas, el 61.7% de los encuestados (37 personas) prefieren los reductores de velocidad de caucho reciclado. Un 13.3% (8 personas) se inclinan por los reductores de concreto, mientras que el 25% (15 personas) se declararon indiferentes. Estos resultados indican una clara preferencia por los reductores de caucho reciclado, lo que puede deberse a factores como la sostenibilidad y la facilidad de instalación.

Pregunta 3: ¿Qué tan útiles le parecen los reductores de velocidad como peatón para cruzar la avenida principal del campus?

Ilustración 10

Resultados de la tercera pregunta de la encuesta.



Al evaluar la percepción de utilidad de los reductores de velocidad para los peatones, el 61.7% (37 personas) los consideran muy útiles, el 30% (18 personas) los encuentran útiles y el 8.3% (5 personas) piensan que son poco útiles. Esta distribución muestra que una gran mayoría de la comunidad educativa valora positivamente la existencia de estos dispositivos para facilitar y asegurar el cruce de peatones en la avenida principal del campus.

2.4 Análisis de alternativas

Para abordar el problema de la alta frecuencia de incidentes de tráfico en el campus de ESPOL, se han considerado dos alternativas principales para la implementación de reductores de velocidad: reductores de concreto y reductores de caucho reciclado. A continuación, se describen y analizan cada una de estas alternativas, considerando las restricciones del proyecto para seleccionar la mejor opción.

2.4.1 Reductores de Velocidad de Concreto

Los reductores de velocidad de concreto son una opción tradicional y ampliamente utilizada. Estos dispositivos son conocidos por su durabilidad y capacidad para soportar cargas vehiculares pesadas. La instalación de reductores de concreto implica la utilización de

materiales como cemento, arena y grava, lo cual puede ser costoso y laborioso, requiriendo equipo pesado y mano de obra especializada.

Factor Económico:

- ✓ **Obtención de materia prima:** Los materiales utilizados en la fabricación de reductores de concreto (cemento, arena y grava) son ampliamente disponibles pero costosos.
- ✓ **Vida útil:** La vida útil de un reductor de velocidad de concreto suele ser bastante larga, típicamente entre 20 y 30 años, dependiendo de factores como el tráfico, las condiciones climáticas y el mantenimiento realizado. Estos reductores son altamente duraderos y capaces de soportar el tráfico pesado durante largos períodos sin deteriorarse significativamente. (Federal Highway Administration, 1999)

Factor Técnico:

- ✓ **Instalación:** La instalación de reductores de concreto es laboriosa y consume mucho tiempo, causando interrupciones significativas en el tráfico durante el proceso.
- ✓ **Mantenimiento:** Aunque requieren poco mantenimiento regular, cuando se necesita, el mantenimiento de los reductores de concreto puede ser costoso y laborioso.

Factor Ambiental y Social:

- ✓ **Producción de CO₂:** La producción de concreto genera un impacto ambiental significativo debido a las emisiones de CO₂ y al consumo de recursos naturales. El concreto no es un material reciclable. La producción de concreto es una de las actividades industriales que más CO₂ emite. Esto se debe principalmente a la producción de cemento, que es el componente que más contribuye a las emisiones. La

producción de 1 metro cúbico de concreto emite aproximadamente 240 kg de CO₂.

(World Business Council for Sustainable Development, 2011)

- ✓ **Aceptación de la comunidad:** Aunque efectivos, la interrupción durante la instalación y el impacto ambiental pueden afectar la aceptación de la comunidad.

2.4.2 Reductores de Velocidad de Caucho Reciclado

Los reductores de velocidad de caucho reciclado están hechos a partir de neumáticos usados, ofreciendo una solución sostenible y eficaz. Estos dispositivos son duraderos, flexibles y capaces de soportar cargas pesadas. La instalación de reductores de caucho reciclado es más sencilla y económica en comparación con los de concreto, requiriendo menos equipo pesado y siendo menos disruptiva para el tráfico.

Factor Económico:

- ✓ **Obtención de materia prima:** El caucho reciclado proviene de neumáticos usados, lo que reduce los costos de materia prima y promueve el reciclaje.
- ✓ **Vida útil:** La vida útil de los reductores de velocidad de caucho reciclado es generalmente menor que la de los de concreto, oscilando entre 5 y 10 años. Sin embargo, su durabilidad puede variar considerablemente según el volumen y la intensidad del tráfico, así como las condiciones climáticas. Los reductores de caucho reciclado suelen requerir reemplazo más frecuente, pero su facilidad de instalación y bajo costo compensan este aspecto. (Rigotti & Dorigato, 2022)

Factor Técnico:

- ✓ **Instalación:** La instalación de reductores de caucho reciclado es rápida y sencilla, causando mínimas interrupciones al tráfico y reduciendo el tiempo de construcción significativamente.

- ✓ **Mantenimiento:** Requieren menos mantenimiento en comparación con los reductores de concreto. Cuando es necesario, el mantenimiento y reemplazo de los reductores de caucho reciclado son fáciles y económicos.

Factor Ambiental y Social:

- ✓ **Producción de CO₂:** El uso de caucho reciclado promueve la sostenibilidad al reutilizar materiales que de otra manera contribuirían a la contaminación ambiental. La producción de estos reductores tiene un menor impacto ambiental. La fabricación de caucho reciclado implica recolectar, triturar y procesar neumáticos usados. Aunque el reciclaje de caucho genera menos CO₂ en comparación con la producción de caucho nuevo, todavía hay emisiones asociadas con la energía utilizada en el proceso. La producción de 1 metro cúbico de caucho reciclado emite aproximadamente 80 kg de CO₂. (U.S. Environmental Protection Agency Office of Resource Conservation and Recovery, 2019)
- ✓ **Aceptación de la comunidad:** La facilidad de instalación y el uso de materiales reciclados aumentan la aceptación de la comunidad, quienes ven la iniciativa como una medida positiva para la seguridad y el medio ambiente.

2.4.3 Selección de la Mejor Alternativa

Considerando las restricciones mencionadas, los reductores de velocidad de caucho reciclado se presentan como la mejor alternativa. Esta opción no solo es económica y fácil de instalar, sino que también promueve prácticas sostenibles al reutilizar materiales que de otra manera contribuirían a la contaminación ambiental. Aunque los reductores de concreto son muy duraderos y resistentes, su alto costo, el impacto ambiental negativo y el tiempo

prolongado de instalación los hacen menos deseables en comparación con los de caucho reciclado.

Tabla 1

Matriz de decisión para selección de mejor alternativa

Alternativa	Económico 35%		Técnico 35%		Ambiental y social 30%		Total
	Obtención materia prima 15%	Vida Útil 20%	Instalación 20%	Mantenimiento 15%	Producción de CO2 15%	Aceptación de la comunidad 15%	
Reductor de velocidad de caucho reciclado	8	6	9	6	9	8	7,65
Reductor de velocidad de concreto	8	8	5	8	5	6	6,65

La selección de reductores de velocidad de caucho reciclado es la mejor alternativa para abordar el problema de los incidentes de tráfico en el campus de ESPOL. Estos reductores ofrecen un equilibrio ideal entre durabilidad, resistencia y sostenibilidad, junto con una instalación y mantenimiento más económicos y rápidos, proporcionando una solución eficaz y sostenible para mejorar la seguridad vial.

Capítulo 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 Concepción del proyecto

Mediante los resultados obtenidos en la investigación y análisis del tramo de vía de ESPOL comprendido entre el edificio Stem y el laboratorio de la facultad de ciencias naturales y matemáticas se propone la instalación de 2 reductores de velocidad de caucho reciclado tipo resalto, con una adaptación de la norma existente puesto que aún no existe una normativa específica para los reductores de este material.

Las medidas del reductor de velocidad de caucho reciclado fueron escogidas en base a las opciones existentes entre los distintos proveedores, los requerimientos específicos del cliente, las condiciones existentes en la vía principal del campus Gustavo Galindo en ESPOL y el reglamento técnico ecuatoriano para la señalización vial parte 2 señalización horizontal (RTE INEN 004-2:2011).

El reductor está formado por módulos que se conectan entre si hasta alcanzar el ancho del carril por lo que es fácilmente adaptable a cualquier vía donde sea necesario un dispositivo físico de reducción de velocidad.

3.2 Memoria técnica

3.2.1 Fundamentación teórica

3.2.1.1 Reductor de velocidad tipo resalto

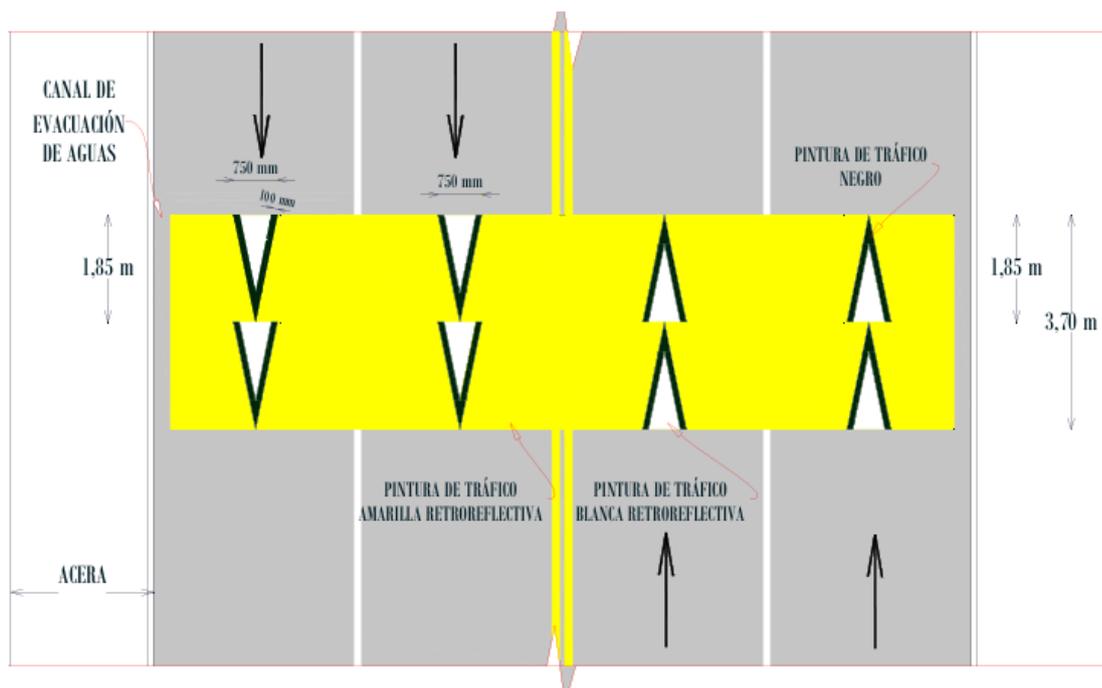
Los reductores de velocidad tipo resalto son dispositivos físicos de control de tránsito utilizados para que los conductores reduzcan la velocidad hasta aproximadamente los 25 km/h en zonas escolares, residenciales o con alta incidencia de accidentes. Este tipo de

reductores no debe ser instalado en vías o carreteras principales, arteriales y de primer orden, en curvas ni horizontales ni verticales.

Según la norma los requisitos para poder instalar un resalto incluyen: requerimiento de la comunidad, un flujo vehicular menor o igual 500 vehículos/hora y la autorización expresa de la autoridad de tránsito asignada a la zona. (Instituto ecuatoriano de normalización, 2010) Además estos deben tener dos triángulos continuos de color blanco retroreflectivo como se aprecia en la ilustración 11.

Ilustración 11

Resalto en vía bidireccional con dos carriles de circulación



Nota: Imagen tomada de (Instituto ecuatoriano de normalización, 2010)

3.2.1.2 Características de la vía principal de ESPOL

El campus de la ESPOL abarca una superficie total de 6,587,827.37 m² y presenta un terreno ondulado. La vía principal del campus se extiende a lo largo de 6,000 metros lineales,

de los cuales 4,300 metros cuentan con un parterre central y doble sentido de circulación, complementados por 210 metros de vía con una capa de rodadura de hormigón rígido de un solo sentido. El pavimento utilizado en estas vías es de hormigón compactado con rodillo.(Suárez Pita, 2024)

3.2.2 Señalización vertical

La señal de resalto se utiliza para alertar sobre la cercanía de un resalto o reductor de velocidad en la calzada. Esta señalización se aplica exclusivamente a los reductores de velocidad que han sido ubicados, autorizados, construidos y demarcados por la Autoridad Competente. Este debe ser con símbolo y orla negros y con fondo amarillo retroreflectivo como se ve en la ilustración 12. (Instituto ecuatoriano de normalización, 2010)

Ilustración 12

Señalización vertical indicadora de resalto



Nota: Imagen tomada de (Instituto ecuatoriano de normalización, 2010)

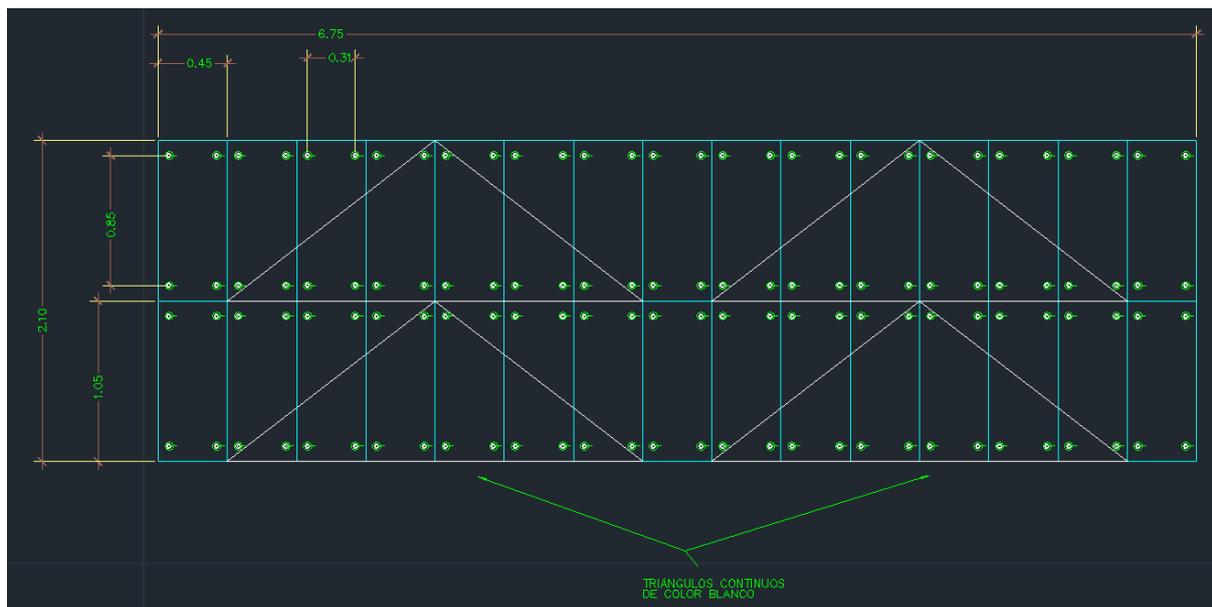
3.2.3 Dimensionamiento

El reductor está formado por módulos que se conectan entre si hasta alcanzar el ancho del carril por lo que es fácilmente adaptable a cualquier vía donde sea necesario un

dispositivo físico de reducción de velocidad. Las medidas de los módulos son de 45cm de ancho, 100cm de largo y 7.5 cm de alto, tal como se ve en la ilustración 13.

Ilustración 13

Detalle de los módulos que forman el resalto de caucho reciclado



Nota: Edición propia, 2024

3.2.4 Proceso constructivo

3.2.4.1 Planificación y Marcado

El primer paso para instalar reductores de velocidad de caucho reciclado consiste en identificar y señalar con precisión el lugar donde se colocarán. Es fundamental asegurarse de que la ubicación cumple con las normas y regulaciones locales. Luego, se toman las medidas necesarias para asegurar que el reductor de velocidad esté correctamente alineado y cubra todo el ancho de la calzada. Además, se debe marcar la zona de peligro para poder trabajar de manera segura y proceder con el montaje del campamento de ingeniería. En esta etapa, se

colocan vallas de señalización alrededor de la zona de trabajo y se utilizan paletas de pare y siga para controlar el tráfico y garantizar la fluidez de este.

3.2.4.2 Preparación del Terreno

La superficie de la calzada donde se instalará el reductor de velocidad debe estar limpia, eliminando cualquier tipo de suciedad, escombros o material suelto. Además, es crucial asegurarse de que la superficie esté nivelada. Si es necesario, se debe realizar un fresado o reparación de la calzada para obtener una superficie uniforme.

3.2.4.3 Instalación de las Secciones de Caucho

Las secciones de caucho reciclado se colocan en la ubicación previamente marcada. Estas secciones generalmente vienen en módulos que se ensamblan para formar el reductor de velocidad. Una vez alineadas correctamente, las secciones se fijan temporalmente para asegurar que todas las piezas encajen adecuadamente.

3.2.4.4 Anclaje y Fijación

En este paso, se perforan agujeros en la calzada a través de los orificios predefinidos en los módulos de caucho, utilizando un taladro adecuado para el tipo de pavimento existente tal como se ve en la ilustración 14. Luego, se insertan anclajes de alta resistencia, como pernos de expansión o tornillos de anclaje, en los agujeros perforados. Finalmente, se atornillan los módulos de caucho reciclado al pavimento utilizando los anclajes colocados, asegurando que todas las secciones estén bien sujetas y niveladas.

Ilustración 14

Perforación a través de los orificios predefinidos.



Nota: Imagen tomada de (Web.neoland, 2021)

3.2.4.5 Finalización

Una vez instaladas todas las secciones, se verifica la correcta instalación, asegurándose de que no haya partes sueltas o desalineadas. Luego, se limpia el área de trabajo, removiendo cualquier residuo o escombros generados durante la instalación.

Adicionalmente, se instalan las señales de resalto correspondientes para advertir a los conductores sobre la presencia del reductor de velocidad.

3.2.4.6 Inspección Final

El último paso es realizar una inspección final para garantizar que la instalación cumple con todas las normas de seguridad y regulaciones locales. Si es posible, se realizan pruebas para asegurar que el reductor de velocidad funcione correctamente y reduzca la velocidad de los vehículos de manera efectiva. Esta inspección final asegura que los reductores de velocidad de caucho reciclado estén instalados de manera segura y eficaz, contribuyendo a la mejora de la seguridad vial.

3.3 Especificaciones Técnicas

3.3.1 Desbroce y limpieza

Descripción: Implica limpiar el terreno para ejecutar la obra según las especificaciones establecidas; conforme a los planos o indicaciones del fiscalizador, se retirará cualquier matorral, arbusto u otra vegetación presente. Además, se deberá preservar la vegetación y objetos que deban conservarse, evitando cualquier daño.

Unidad: Metro cuadrado (m²)

Equipos: Herramientas menores (5% M/O)

Mano de obra: Maestro mayor, Peón, Albañil

Materiales: Herramientas menores

Forma de pago: Únicamente se pagará al contratista por los trabajos efectuados dentro de los límites de desmonte, desbroce y limpieza señalados en los planos o indicados por el fiscalizador.

3.3.2 Campamento de ingeniería

Descripción: Se entiende por campamento de ingeniería el área destinada para que los ingenieros, ayudantes y demás personal puedan llevar a cabo la ejecución de la obra.

Unidad: Unidad

Equipos: Herramienta menor

Mano de obra: Maestro de obra, peón

Forma de pago: Se realizará el pago cuando el campamento de ingeniería será funcional.

3.3.3 Provisión de botiquín grande (metálico) de primeros auxilios incluido insumos médicos-medicina

Descripción: Este ítem corresponde al suministro de un botiquín de primeros auxilios que el contratista deberá tener en el lugar de trabajo para proporcionar asistencia médica inmediata en caso de accidente o enfermedad de alguno de sus trabajadores.

Unidad: Unidad (u)

Procedimiento: De acuerdo con las recomendaciones del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, un botiquín de primeros auxilios debe incluir al menos lo siguiente:

- ✓ Antisépticos para prevenir infecciones (yodo, alcohol, agua oxigenada, suero fisiológico).
- ✓ Gasas, apósitos, vendas, algodón, compresas, esparadrapo, banditas (curitas), férulas.
- ✓ Jabón (en barra o líquido) para el lavado de manos, heridas y material de curación.
- ✓ Guantes quirúrgicos.
- ✓ Termómetro, tijeras, imperdibles, pinzas, mascarilla o barbijo.
- ✓ Pañitos húmedos sin alcohol.
- ✓ Suero oral y suero fisiológico, para lavar heridas y quemaduras; también se puede usar como descongestionante nasal y para lavados oculares.
- ✓ Instructivo o manual de primeros auxilios.
- ✓ Fármacos, siempre y cuando se haya consultado con un médico (analgésicos, antitérmicos, antiinflamatorios, cremas, pomadas).

Forma de pago: Se pagará por unidad (u) de botiquín suministrado, que debe incluir el contenido médico mínimo especificado.

3.3.4 Desalojo de materiales de construcción

Descripción: Consiste en el traslado de los materiales retirados y residuos del área donde se desarrolla el proyecto, hacia un lugar designado por el cliente y fiscalización. Se realiza por medios de transporte pesado como volquetas que realizan el transporte del material hacia el botadero designado, el material debe ser previamente tapado con lona en la parte superior para evitar caídas en la vía pública.

Unidad: Metro cúbico (m^3).

Equipos: Volqueta

Mano de obra: Conductor de vehículos pesado

Materiales: Lona

Forma de pago: Su pago será por metro cúbico (m^3) de material desalojado hacia el lugar designado.

3.3.5 Delimitación del área de construcción con cinta de peligro

Descripción: Engloba todas las acciones necesarias para proveer e instalar un cerco provisional destinado a delimitar zonas restringidas, peligrosas o de riesgo, como sitios de construcción o áreas de trabajo, con el propósito de prevenir posibles accidentes vehiculares o peatonales. El propósito de esta categoría implica la disposición de una cinta delimitadora que lleva la inscripción "peligro, fabricado en polietileno resistente a la intemperie. Cinta amarilla con leyenda en letras negras. 3" de ancho y 100m de largo. Fácil de manejar, altamente visible y liviana."

Unidad: metro (m)

Equipos: Cinta plástica de peligro

Mano de obra: Peón

Material: Herramientas de uso menor

Forma de pago: Se pagará por ml, usado y colocado.

3.3.6 Módulo reductor de velocidad de caucho incluye instalación

Descripción: Instalación de módulo reductor de velocidad de caucho en vías o estacionamientos para controlar la velocidad vehicular, asegurando la correcta colocación y fijación del dispositivo para su óptimo funcionamiento.

Unidad: metro lineal (ml)

Equipos: Taladro rotomartillo, martillo de goma, nivel de burbuja, llaves de impacto y brocas

Mano de obra: Maestro de obra, peón.

Forma de pago: Se pagará por ml colocado.

Capítulo 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Descripción del proyecto

El proyecto implica la instalación de reductores de velocidad en la vía principal del campus Gustavo Galindo de ESPOL, con el propósito de incrementar la seguridad vial y disminuir los incidentes de tráfico.

Se propone la instalación de dos reductores: uno entre el edificio STEM y el edificio UBEP, y otro a la altura del parqueadero antes del ingreso a la academia de bomberos de Guayaquil. El primer reductor no solo reducirá la velocidad de los vehículos, sino que también funcionará como paso peatonal seguro para las personas que necesitan cruzar la vía entre estos dos edificios, protegiendo así a los peatones y alineándose con el ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles, que busca proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros y mejorar la seguridad vial. El segundo reductor de velocidad se situará a la altura del parqueadero antes del ingreso a la academia de bomberos de Guayaquil, conectando de manera segura el parqueadero de la FCNM con el parqueadero ubicado al otro lado de la vía. Este reductor reducirá el peligro constante para los peatones, especialmente para estudiantes y docentes que cruzan hacia los laboratorios de la FCNM.

Además de aumentar la seguridad, el proyecto emplea materiales reciclados como el caucho, favoreciendo la sostenibilidad ambiental y apoyando el ODS 12: Producción y Consumo Responsables, que busca disminuir la generación de desechos a través de prevención, reducción, reciclaje y reutilización. La instalación de estos reductores también fomenta una conducción más eficiente, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorando la calidad del aire, en concordancia con el ODS 13: Acción por el Clima. En conjunto, estos reductores de velocidad no solo mejorarán significativamente la

seguridad vial en el campus, sino que también promoverán una cultura de respeto a los límites de velocidad, contribuirán a la sostenibilidad ambiental y apoyarán una infraestructura más inclusiva y accesible, en concordancia con el ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura, que se enfoca en modernizar la infraestructura para que sea sostenible y accesible para todos.

4.2 Línea base ambiental

El campus Gustavo Galindo de la ESPOL se encuentra ubicado en una zona que combina áreas naturales con infraestructuras educativas y de investigación. La vía principal, objeto del proyecto, atraviesa el campus y es una arteria fundamental para el tránsito vehicular y peatonal. La condición actual del medio ambiente en esta zona incluye diversos elementos y factores que serán afectados por la implementación de los reductores de velocidad.

4.2.1 Calidad del aire

En términos de calidad del aire, actualmente no se han identificado problemas significativos de contaminación en la vía principal del campus, al estar rodeado de árboles y lejos de la zona industrial de la ciudad donde se concentran las fábricas. Sin embargo, el flujo vehicular constante contribuye a emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. La instalación de los reductores de velocidad puede influir en la calidad del aire al fomentar una conducción más pausada y eficiente, reduciendo así las emisiones.

4.2.2 Nivel de ruido

El nivel de ruido en la vía principal es moderado, con picos durante las horas de mayor afluencia vehicular. La reducción de velocidad obligada por los reductores puede tener un efecto positivo, disminuyendo los niveles de ruido debido a una menor aceleración y frenado brusco de los vehículos.

4.2.3 Suelo y paisaje

En cuanto al suelo y paisaje, la vía principal del campus está bien mantenida, con áreas verdes y árboles que bordean la carretera, contribuyendo a la estética y al entorno natural del campus. La construcción de los reductores de velocidad implica una alteración mínima del suelo, principalmente en las zonas específicas donde se instalarán. No se prevén impactos negativos significativos en el paisaje, ya que los reductores se integrarán en la infraestructura existente.

4.2.4 Trafico y movilidad

El tráfico y la movilidad son factores críticos en el campus. Actualmente, la vía principal soporta un volumen considerable de vehículos, especialmente durante las horas pico. La implementación de los reductores de velocidad está diseñada para mejorar la seguridad vial, tanto para los conductores como para los peatones, sin causar una interrupción significativa del flujo de tráfico.

4.2.5 Biodiversidad

ESPOL se encuentra ubicado dentro del Bosque Protector Prosperina, un área que abarca 711 hectáreas de selva, de las cuales solo 151 hectáreas están destinadas a áreas construidas de la universidad. Este entorno natural ofrece un hábitat diverso y vital para una amplia gama de especies de flora y fauna, proporcionando un ecosistema equilibrado y rico en biodiversidad.

4.2.5.1 Flora

La flora del Bosque Protector Prosperina incluye una variedad de especies vegetales, destacando árboles y plantas como guayacanes, neem, Fernán Sánchez, algarrobos, pechiches, palo santo, pigios bototillos, pigos, cascolos, amarillo, ceibos, cocolobos y balsas. (ESPOL, 2019)

Estas especies no solo contribuyen a la belleza escénica del área, sino que también desempeñan roles ecológicos cruciales, como la provisión de hábitat y alimento para la fauna local, y la regulación del microclima y los ciclos de nutrientes.

4.2.5.2 Fauna

La fauna del bosque es igualmente diversa, con una rica avifauna que incluye especies como la garza nocturna coroniamarilla, la tortolita croante, el pato cuervo y el tinamú cejipálido. Además, en el área se encuentran diversos mamíferos, como el venado de cola blanca, el jaguar, la ardilla de Guayaquil, el oso hormiguero y el oso perezoso. Esta biodiversidad faunística es esencial para mantener la estructura y función del ecosistema, y

cualquier intervención en el área debe considerar cuidadosamente el impacto sobre estas especies para asegurar la sostenibilidad ambiental. (ESPOL, 2019)

4.3 Actividades del proyecto

La implementación de reductores de velocidad a base de caucho reciclado en la vía principal del campus Gustavo Galindo de ESPOL implica una serie de actividades que son susceptibles de causar impactos ambientales. A continuación, se detallan las acciones relevantes del proyecto:

1. **Transporte de Materiales:** El caucho reciclado y otros materiales necesarios para la instalación de los reductores de velocidad serán transportados al sitio del proyecto. Esta actividad puede generar emisiones de CO₂ y otros contaminantes debido al uso de vehículos de transporte, además de posibles derrames de combustible y lubricantes.
2. **Preparación del Sitio:** Involucra la limpieza y nivelación de las áreas donde se instalarán los reductores de velocidad. Aunque esta actividad es relativamente menor, puede causar disturbios en la vegetación local y el suelo, afectando temporalmente el hábitat de algunas especies.
3. **Instalación de Reductores de Velocidad:** (RUIDO) La colocación de los reductores de caucho reciclado incluye la fijación al pavimento mediante anclajes y adhesivos específicos. Este proceso podría generar residuos sólidos y emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) de los adhesivos utilizados. También se requiere energía, que puede provenir de fuentes que generen emisiones.
4. **Señalización Vial:** La implementación de señalización horizontal y vertical necesaria para acompañar los reductores de velocidad. Esta actividad implica el uso de pinturas

y otros materiales que pueden contener productos químicos, así como el uso de equipos que emiten gases de escape.

5. **Mantenimiento y Reemplazo:** A lo largo de la vida útil de los reductores de velocidad, se requerirá mantenimiento periódico y eventualmente el reemplazo de los dispositivos desgastados. Esta actividad generará residuos adicionales y continuará demandando recursos y energía, además de las emisiones asociadas con el transporte y las operaciones de mantenimiento.

Cada una de estas actividades tiene el potencial de generar impactos ambientales que deben ser evaluados y gestionados adecuadamente. Es crucial implementar medidas de mitigación para minimizar estos impactos, asegurando que el proyecto se lleve a cabo de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

4.4 Identificación de impactos ambientales

Después de determinar las actividades del proyecto de implementación de reductores de velocidad a base de caucho reciclado, se identifica los factores ambientales asociados a cada actividad y los impactos potenciales. La tabla 2 sirve como base para el desarrollo de estrategias y medidas de mitigación destinadas a minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente durante la ejecución del proyecto.

Tabla 2

Resumen de factores e impactos ambientales

ACTIVIDAD	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO
Transporte de materiales	Emisión de gases contaminantes	Contaminación del aire
	Derrames de combustibles y lubricantes	Contaminación del suelo y agua

Preparación del sitio	Alteración del suelo	Perdida de vegetación y alteración del hábitat
	Generación de ruido y polvo	Contaminación auditiva y del aire
Instalación de reductores de velocidad	Uso de adhesivos y anclajes	Emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV)
	Residuos solidos	Contaminación del suelo
Señalización vial	Uso de pinturas y materiales químicos	Contaminación del aire y suelo
Mantenimiento y reemplazo	Generación de residuos solidos	Contaminación del suelo
	Emisión de gases de vehículos de mantenimiento	Contaminación del aire

4.5 Valoración de impactos ambientales

Para valorar los impactos ambientales asociados con la implementación de reductores de velocidad a base de caucho reciclado en la vía principal del campus Gustavo Galindo de ESPOL, se han identificado y evaluado los siguientes impactos clave:

4.5.1 Alteración del entorno natural:

El trazado y replanteo del área para la instalación de los reductores pueden llevar a la pérdida de vegetación y perturbación del hábitat local. Este impacto se considera de magnitud media y de importancia moderada, ya que afecta a la flora y fauna locales en el área específica de intervención.

4.5.2 Contaminación del aire y generación de ruido:

Durante la preparación del terreno para la instalación de los reductores de velocidad, se pueden generar emisiones de polvo y niveles elevados de ruido debido a la maquinaria utilizada. En la valoración de la pulverulencia, que mide la tendencia del material a pasar al ambiente, se toma en cuenta la forma y tamaño de las partículas. Según la tabla 2, el material generado en ESPO, caracterizado por su suelo rocoso y granos mayores a 2 cm, se clasifica en la clase de pulverulencia 1, correspondiente a material en pastillas, granulados o escamas que no producen partículas al manipularse, con una puntuación de volatilidad o pulverulencia de 1 según la tabla 4.

Tabla 3

Clase de pulverulencia para los materiales sólidos. (Sousa Rodríguez & Tejedor Traspaderne, 2012)

Descripción del material sólido	Clase de pulverulencia
Material en forma de polvo fino, formación de polvo que queda en suspensión en la manipulación (azúcar en polvo, harina, cemento, yeso).	3
Material en forma de polvo en grano (1-2 mm). El polvo sedimenta rápido en la manipulación (azúcar consistente cristalizada).	2
Material en pastillas, granulado, escamas (varios mm o 1-2 cm) sin apenas emisión de polvo en la manipulación.	1

Tabla 4

Puntuación para cada clase de pulverulencia.

Clase de volatilidad o pulverulencia	Puntuación de volatilidad o pulverulencia
3	100
2	10
1	1

De igual forma durante la ejecución del proyecto se generan emisiones de ruido debido a la maquinaria utilizada. Según la Guía de medición de ruido en obras de construcción del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social del Gobierno de España (Ministerio de trabajo de España., 2018), 85 dB es la exposición óptima a niveles de ruido que los humanos pueden soportar sin afectaciones a la salud ni pérdidas auditivas. Sin embargo, la maquinaria pesada utilizada en la obra, como sierras de cadena y taladros martillo, supera este umbral, alcanzando niveles que pueden exceder los 100 dB.

Dado el elevado nivel de ruido, es crucial implementar medidas de mitigación para salvaguardar la salud de los trabajadores y reducir el impacto en la comunidad. Se sugiere utilizar equipos de protección personal (EPP), especialmente protectores auditivos, mientras se operan estas máquinas. Además, se pueden emplear medidas adicionales como barreras acústicas temporales y programar las tareas ruidosas en horarios menos sensibles para minimizar el impacto en la comunidad vecina.

4.5.3 Contaminación del suelo y agua:

La generación de escombros durante la construcción puede llevar a la contaminación del suelo y del agua si no se maneja adecuadamente. Este impacto es de magnitud media y de importancia moderada a alta, dependiendo de la cantidad de residuos y la proximidad a cuerpos de agua. La implementación de un plan de gestión de residuos es crucial para minimizar este impacto.

En esta sección, se analiza la contaminación del agua aplicando los criterios de calidad permitidos para la protección de la flora y fauna en aguas dulces frías, conforme a lo establecido por el TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria Ambiental).

4.5.4 Agotamiento de recursos naturales:

La fabricación e instalación de reductores de caucho reciclado implica el uso de recursos naturales. Aunque el caucho reciclado es una alternativa más sostenible que el concreto, el proceso aún conlleva un impacto ambiental. Este impacto es de magnitud baja y de importancia menor, ya que la utilización de materiales reciclados reduce la demanda de recursos vírgenes.

4.5.5 Emisión de gases de efecto invernadero (GEI):

Las emisiones de GEI relacionadas con el transporte y la instalación de los reductores contribuyen al cambio climático. Aunque su impacto es de bajo a medio y de importancia menor a moderada, dado que las emisiones son relativamente pequeñas en comparación con otras actividades industriales, aún representan una contribución al calentamiento global.

4.6 Medidas de prevención/mitigación

Para minimizar los impactos ambientales derivados de la instalación de reductores de velocidad de caucho reciclado en la vía principal del campus Gustavo Galindo de ESPOL, se han identificado y propuesto diversas medidas de prevención y mitigación, junto con un plan de manejo ambiental.

4.6.1 Contaminación del aire y generación de ruido:

Medida de prevención: Programar las actividades de movimiento de tierra y construcción en horarios que minimicen la interferencia con las actividades académicas y residenciales.

Medida de mitigación: Utilizar equipos con tecnología de bajo ruido y aplicar riego de agua en áreas de trabajo para controlar la emisión de polvo. Monitorear constantemente los niveles de ruido y calidad del aire para asegurar que se mantengan dentro de los límites permitidos.

4.6.2 Contaminación del suelo y agua:

Medida de prevención: Establecer áreas designadas y adecuadas para el almacenamiento temporal de escombros y residuos generados durante la construcción.

Medida de mitigación: Implementar un plan de gestión de residuos que incluya la recolección, transporte y disposición final adecuada de escombros y otros desechos. Utilizar barreras de contención para evitar la escorrentía de contaminantes hacia cuerpos de agua cercanos.

4.6.3 Agotamiento de recursos naturales:

Medida de prevención: Priorizar el uso de materiales reciclados, como el caucho reciclado, para la fabricación de reductores de velocidad.

Medida de mitigación: Implementar prácticas de construcción sostenibles que reduzcan el consumo de recursos naturales, como la optimización del uso de materiales y la minimización de desperdicios.

4.6.4 Emisión de gases de efecto invernadero (GEI):

Medida de prevención: Favorecer proveedores y contratistas locales para reducir las emisiones de GEI asociadas con el transporte de materiales.

Medida de mitigación: Utilizar equipos y vehículos eficientes en el consumo de combustible y promover el uso de energías renovables en las actividades de construcción.

4.6.5 Plan de manejo ambiental propuesto:

El PMA propuesto incluye un conglomerado de acciones específicas y coordinadas para la implementación y control de las medidas de prevención y mitigación mencionadas. Este plan abarca:

- ✓ **Monitoreo ambiental:** Realizar un monitoreo continuo de los indicadores de ruido, calidad del aire y condiciones del suelo y agua, antes de la construcción, durante y después de la misma.
- ✓ **Capacitación:** Proveer capacitación continua a los trabajadores y personal involucrado en el proyecto sobre prácticas ambientales y medidas de mitigación.
- ✓ **Comunicación:** Mantener una comunicación constante con la comunidad universitaria y los organismos reguladores sobre los avances del proyecto y los resultados del monitoreo ambiental.
- ✓ **Auditoría ambiental:** Realizar auditorías ambientales periódicas para evaluar el cumplimiento de las medidas de prevención y mitigación, y ajustar el PMA según sea necesario.

Estas medidas y el plan de manejo ambiental propuesto buscan asegurar que el impacto ambiental del proyecto sea minimizado, alineándose con los principios de sostenibilidad y contribuyendo al bienestar de la comunidad universitaria y el entorno natural del Bosque Protector Prosperina.

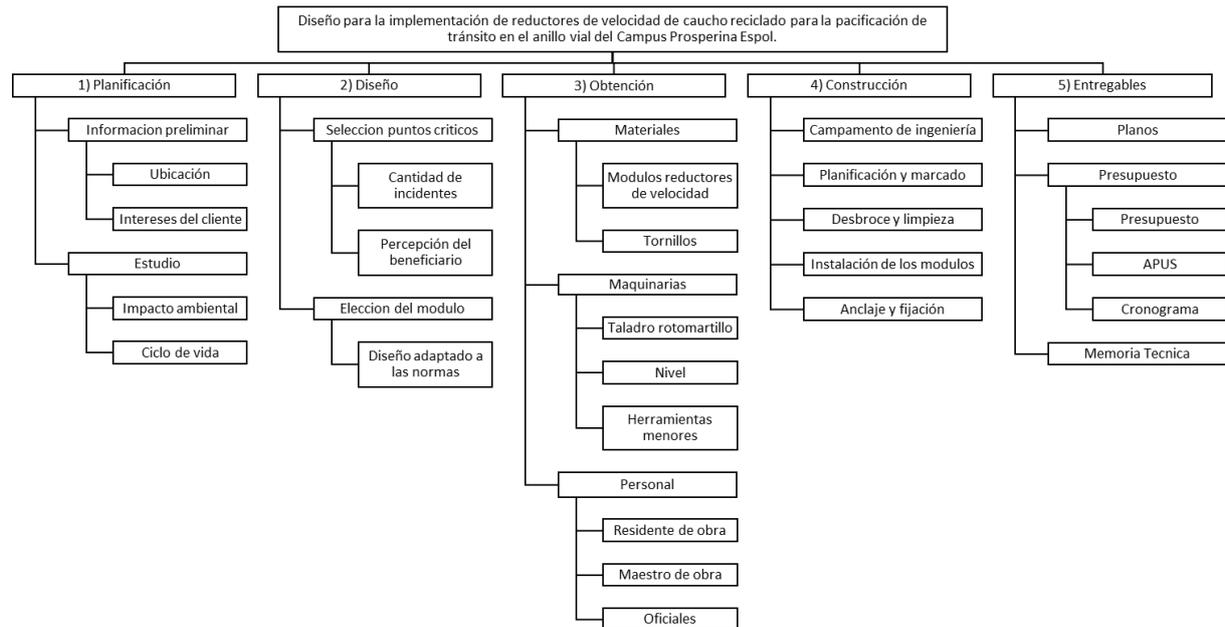
Capítulo 5

5. PRESUPUESTO

5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

Ilustración 15

Estructura desglosada del trabajo



5.2 Rubros y análisis de precios unitarios

1. Obras preliminares

- ✓ Campamento de ingeniería
- ✓ Desbroce y limpieza

2. Obra civil

- ✓ Módulo reductor de velocidad de caucho incluye instalación

3. Seguridad

- ✓ Provisión de botiquín grande (metálico) de primeros auxilios incluido insumos médicos-
medicina

- ✓ Delimitación del área de construcción con cinta de peligro

4. Complementario

- ✓ Desalojo de materiales de construcción

5.3 Descripción de cantidades de obra

Tabla 5

Cantidades de obra

Descripción	Unidad	Cantidad
Obras preliminares		
Campamento de ingeniería	m2	30
Desbroce y limpieza	m2	57
Obra civil		
Suministro e instalación de Modulo reductor de velocidad	ml	14
Plan de manejo ambiental		
Suministro de agua para mitigación de polvo	m3	3
Monitoreo de ruido	u	1
Difusión de plan de manejo ambiental	u	1
Plan de seguridad laboral		
Cinta limitadora de peligro	m	40
Protección para el trabajador	u	6
Señalización vial temporal		
Señalización vertical a lado de la via 60x60 cm	u	1
Letreros de señalización preventiva	u	1

5.4 Valoración integral del costo del proyecto

La valoración integral del costo del proyecto de instalación de reductores de velocidad a base de caucho reciclado en el campus Gustavo Galindo de ESPOL resulta en un total de \$5,013.19 para la instalación de 27 metros lineales de reductores. Esto se traduce en un costo unitario de aproximadamente \$185.67 por metro lineal. Este valor refleja una opción más económica en comparación con el método tradicional de construcción de reductores de velocidad de concreto, cuyo costo asciende a \$8,771.47 para la misma longitud, con un costo unitario de \$324.87 por metro lineal.

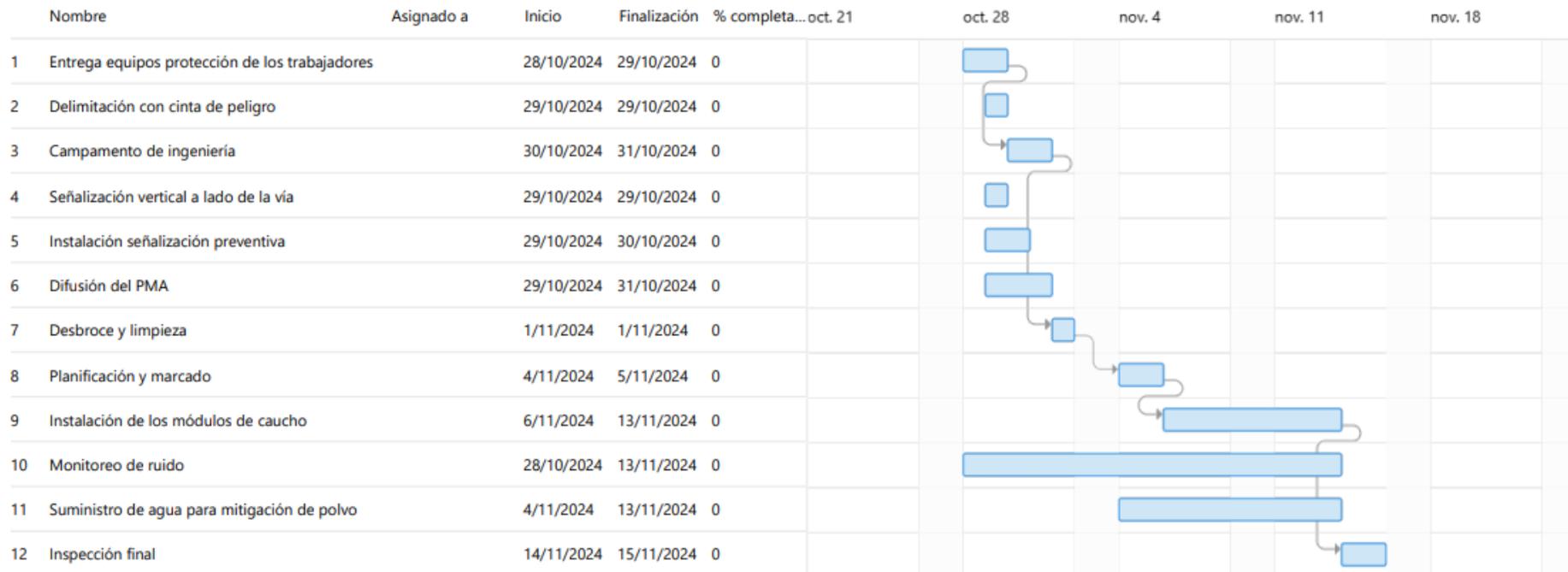
5.5 Cronograma de obra

En la ilustración 16 se presenta el cronograma de trabajo siguiendo un diagrama de Gantt.

Ilustración 16

Cronograma del trabajo

Reductores de velocidad de caucho reciclado



Capítulo 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El proyecto de diseño e implementación de reductores de velocidad a base de caucho reciclado en las vías del campus Gustavo Galindo de la ESPOL ha cumplido satisfactoriamente con los objetivos propuestos, ofreciendo una solución efectiva y sostenible para la pacificación del tránsito. Se ha logrado diseñar un tope de caucho, reutilizando llantas usadas, que no solo cumple con las normativas técnicas, sino que también se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), fomentando prácticas responsables en el manejo de residuos y contribuyendo a la seguridad vial.

Se determinó la ubicación precisa de los puntos críticos en la vía principal del campus, específicamente en los tramos entre el edificio STEM y el edificio UBEP, y entre el parqueadero de la FCNM y la academia de bomberos de Guayaquil. A través de un análisis del tráfico y de los incidentes reportados en los últimos años, se identificaron estas áreas como las más propensas a accidentes debido al exceso de velocidad y a la falta de pasos peatonales adecuados. La implementación de los reductores en estos puntos críticos no solo mejorará la seguridad de los peatones, sino que también promoverá un tránsito más ordenado y acorde con la velocidad límite permitida.

El diseño de los reductores de velocidad utilizando caucho reciclado demostró ser una alternativa viable desde el punto de vista técnico y ambiental. El caucho reciclado, proveniente de llantas usadas, se seleccionó por su durabilidad, capacidad de amortiguación y resistencia a la intemperie, garantizando una larga vida útil bajo las condiciones de carga vehicular típicas del campus. Además, la elección de este material contribuye a la reducción de residuos sólidos, alineándose con los principios de economía circular y sostenibilidad.

En cuanto al análisis costo-beneficio, la implementación de los reductores de caucho reciclado resultó ser significativamente más rentable que la alternativa tradicional de reductores de concreto. Con un costo total de \$5013.19 para 27 metros lineales, la opción de caucho reciclado es aproximadamente un 43% más económica que la de concreto, que asciende a \$8771.47. Esta diferencia de costos, junto con los beneficios ambientales y sociales asociados, demuestra la viabilidad socioeconómica del proyecto y su potencial para ser replicado en otras áreas del campus y en diferentes contextos urbanos.

Por último, las medidas de mitigación y control ambiental detalladas en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) aseguran que los efectos negativos relacionados con la instalación de los reductores serán mínimos. Se han implementado estrategias eficaces para controlar la emisión de polvo, ruido y otros riesgos durante la fase de construcción, garantizando la protección de la calidad del aire, el agua y la biodiversidad en la zona. Estas acciones refuerzan el compromiso del proyecto con la sostenibilidad y el bienestar de la comunidad universitaria.

6.2 Recomendaciones

Basado en los resultados obtenidos durante el diseño para la implementación de los reductores de velocidad a base de caucho reciclado en el campus Prosperina - ESPOL, se presentan las siguientes recomendaciones para futuros proyectos y mejoras:

- ✓ **Análisis de módulos reductores de otras dimensiones:** Se sugiere investigar y evaluar la efectividad de módulos reductores de velocidad de diferentes dimensiones para adaptarse a diversos tipos de vías y niveles de tráfico. Este análisis podría incluir el estudio de módulos más anchos o con formas específicas para optimizar la

reducción de velocidad sin comprometer la comodidad de los conductores. Además, se recomienda realizar pruebas piloto con estas variantes antes de su implementación definitiva.

- ✓ **Reemplazo gradual de reductores de concreto existentes:** Se propone planificar el reemplazo de los reductores de velocidad de concreto actualmente instalados en el campus, una vez que estos cumplan su vida útil. Al sustituirlos con reductores de caucho reciclado, se aprovecharían los beneficios medioambientales y económicos de este material, al tiempo que se garantiza la continuidad de la pacificación del tránsito en el campus. Este proceso de sustitución debería estar acompañado de un análisis de costos y beneficios que demuestre la viabilidad del cambio.
- ✓ **Implementación de reductores de velocidad en entradas y salidas de parqueaderos:** Para aumentar la seguridad vial en el campus, se recomienda la instalación de reductores de velocidad de menores dimensiones en las entradas y salidas de los distintos parqueaderos. Estos reductores, más pequeños que los instalados en la vía principal, servirían para moderar la velocidad de los vehículos en zonas críticas donde se concentran peatones y vehículos. La colocación de estos reductores también debería estar acompañada de señalización adecuada y visible para garantizar su efectividad.
- ✓ **Monitoreo y evaluación continua:** Es fundamental establecer un sistema de monitoreo continuo de la efectividad y durabilidad de los reductores de velocidad instalados. Esto incluye la recolección de datos sobre la reducción de incidentes de tráfico, el desgaste de los módulos de caucho a lo largo del tiempo, y la percepción de seguridad entre los usuarios de la vía. Con base en los resultados, se pueden realizar ajustes o mejoras en el diseño y mantenimiento de los reductores.

- ✓ **Extensión del proyecto a otras zonas del campus:** Dependiendo de los resultados obtenidos, se podría considerar la extensión de la implementación de reductores de velocidad de caucho reciclado a otras zonas del campus o incluso a vías adyacentes a la ESPOL. Esto contribuiría a un entorno más seguro y sostenible en toda la comunidad educativa.
- ✓ **Campañas de sensibilización:** Junto con la instalación de los reductores de velocidad, se recomienda desarrollar campañas de sensibilización dirigidas a la comunidad universitaria sobre la importancia de respetar los límites de velocidad y las nuevas medidas de seguridad vial. Estas campañas podrían incluir talleres, charlas, y material informativo distribuido a través de canales digitales y físicos.

Referencias

- Cactus Traffic. (2020, October 10). *Mesetas reductoras de velocidad*.
- Club Europeo de Automovilistas de Chile. (2013, March 6). *Nueva normativa para resaltes reductores de velocidad (lomos de toro)* .
- Cueva Bravo, B. E. (2018). *Eliminación del reductor de velocidad ubicado en la Av. Rocafuerte y Colón de la ciudad de Pasaje*. Universidad técnica de Machala.
- ESPOL. (2019). *Entorno e infraestructura*.
- ESPOL. (2023). *Mapa del Campus*.
- Fang, Y., Zhan, M., & Wang, Y. (2001). The status of recycling of waste rubber. *Materials & Design*, 22(2), 123–128. [https://doi.org/10.1016/S0261-3069\(00\)00052-2](https://doi.org/10.1016/S0261-3069(00)00052-2)
- Federal Highway Administration. (1999). *Traffic Calming: State of the Practice* (Federal Highway Administration & Institute of Transportation Engineers, Eds.).
- Instituto ecuatoriano de normalización. (2010). *Señalización vial parte 1. Señalización vertical*.
- Instituto ecuatoriano de normalizacion. (2010). *Señalización vial parte 2. Señalización horizontal*. Instituto ecuatoriano de normalizacion.
- Ministerio de trabajo de España. (2018). *Guía de medición de ruido en obras de construcción*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú. (2011). *Reductores de velocidad tipo resalto para el sistema nacional de carreteras* .
- Peláez Arroyave, G. J., Velásquez Restrepo, S. M., & Giraldo Vásquez, D. H. (2017). Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 27–50. <https://doi.org/10.18359/rcin.2143>
- Rigotti, D., & Dorigato, A. (2022). Novel uses of recycled rubber in civil applications. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 5(4), 214–233. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2022.08.005>
- Sienkiewicz, M., Kucinska-Lipka, J., Janik, H., & Balas, A. (2012). Progress in used tyres management in the European Union: A review. *Waste Management*, 32(10), 1742–1751. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.05.010>

Sousa Rodríguez, M. E., & Tejedor Traspaderne, J. N. (2012). *Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS.*

Suárez Pita, M. (2024). *Estudio de impacto vial* .

U.S. Environmental Protection Agency Office of Resource Conservation and Recovery. (2019). *Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM).*

Web.neoland. (2021, August 21). *¿Cómo instalar un reductor de velocidad de Neoland?*

World Business Council for Sustainable Development. (2011). *CO2 and Energy Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry* (Cement Sustainability Initiative, Ed.; 3rd ed.).

PLANOS Y ANEXOS

Presupuesto reductores de caucho

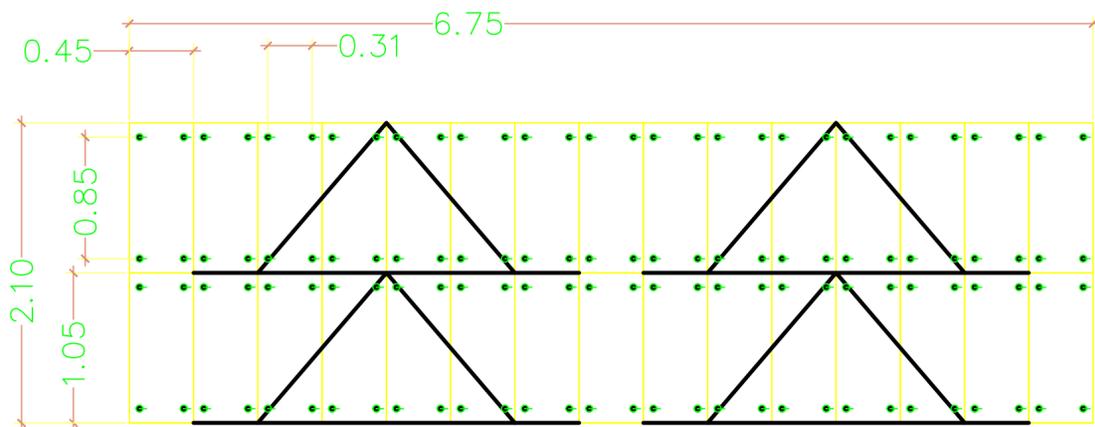
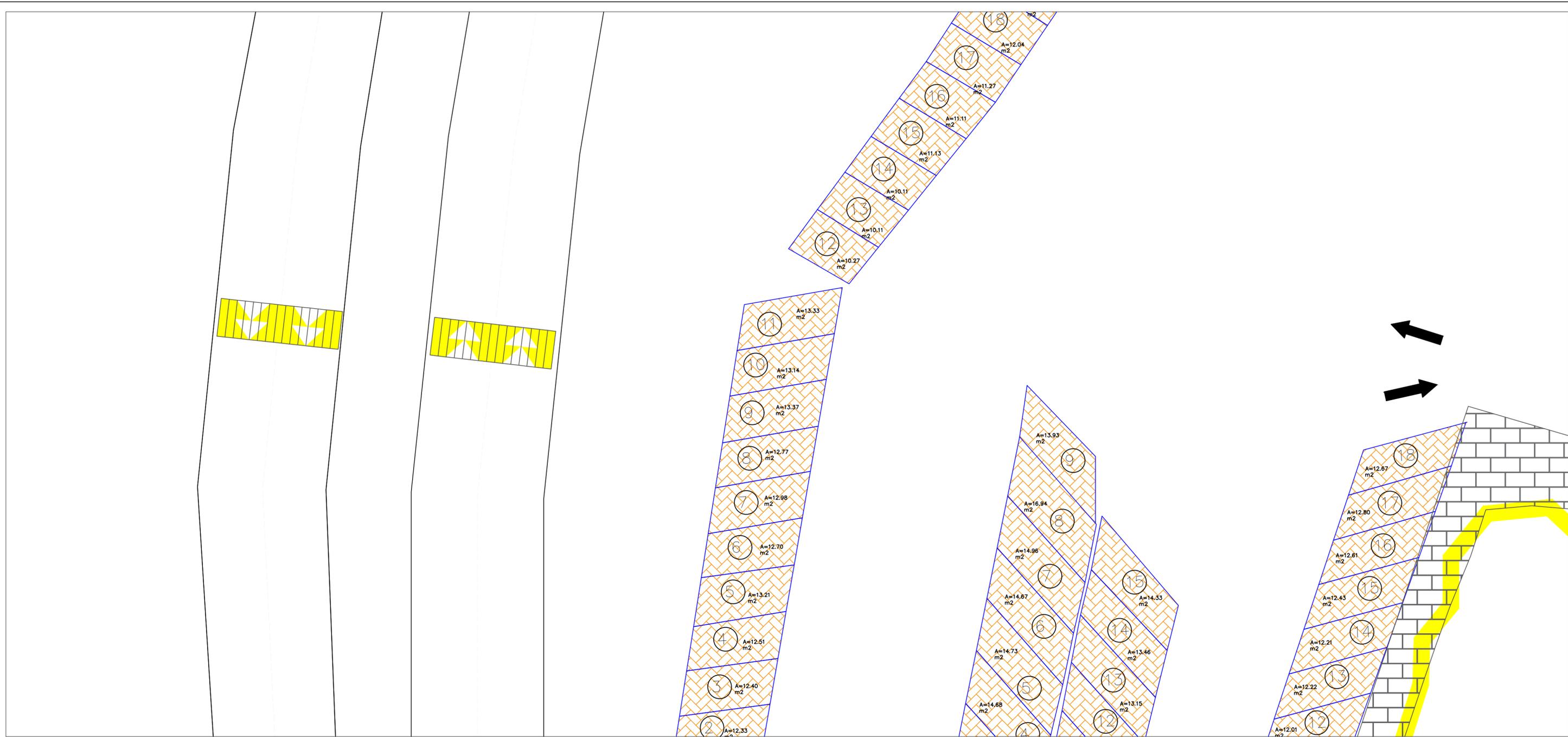
#	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Obras preliminares					
1	Campamento de ingeniería	m2	30	\$ 58,93	\$ 1.767,90
2	Desbroce y limpieza	m2	57	\$ 1,29	\$ 73,53
Obra civil					
3	Suministro e instalación de Modulo reductor de velocidad	ml	14	\$ 104,50	\$ 1.463,00
Plan de manejo ambiental					
4	Suministro de agua para mitigación de polvo	m3	3	\$ 2,47	\$ 7,41
5	Monitoreo de ruido	u	1	\$ 473,12	\$ 473,12
6	Difusión de plan de manejo ambiental	u	1	\$ 223,96	\$ 223,96
Plan de seguridad laboral					
7	Cinta limitadora de peligro	m	40	\$ 0,28	\$ 11,20
8	Protección para el trabajador	u	6	\$ 96,95	\$ 581,70
Señalización vial temporal					
9	Señalización vertical a lado de la vía 60x60 cm	u	1	\$ 93,60	\$ 93,60
10	Letreros de señalización preventiva	u	1	\$ 317,77	\$ 317,77
SUBTOTAL					\$ 5.013,19

Presupuesto reductores de concreto					
#	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Obras preliminares					
1	Campamento de ingeniería	m2	40	\$ 58,93	\$ 2.357,20
2	Desbroce y limpieza	m2	75	\$ 1,29	\$ 96,75
Obra civil					
3	Remoción Hor. Cem. Portland (inc. Desalojo)	m3	20,25	\$ 16,22	\$ 328,46
4	Excavación sin clasificación manual (inc. Desalojo)	m3	1	\$ 4,62	\$ 4,62
5	Perforación con taladro para empotrar elementos	u	123,75	\$ 3,56	\$ 440,55
6	Suministro colocación adhesivo epoxico de hormigón fresco a endurecido	m2	7,5	\$ 17,35	\$ 130,13
7	Suministro y colocación mortero epoxico para anclaje nivelación de hormigón	m	1	\$ 10,21	\$ 10,21
8	Acero de refuerzo en barras FY=4200 kg/cm2 (kg)	u	2,7	\$ 2,19	\$ 5,91
9	Horm. Estruct./cem. Portland Cl-B F'c=280 Kg/cm2 (kg)	m3	1,875	\$ 217,34	\$ 407,51
10	Suministro e instalación de estructura metálica (kg)	u	262,5	\$ 3,92	\$ 1.029,00
11	Material de préstamo importado manual (inc. Transporte)	m3	1	\$ 10,31	\$ 10,31

1	Base clase I manual (inc. Transporte)	m3	13,75	\$	\$
2				23,68	325,60
1	Capa de rodadura de horm. Asfáltico mezc planta E = 7,5 cm (inc. Impri.)	m2	178,75	\$	\$
3				10,34	1.848,28
1	Limpieza final (inc. Desalojo)	m2	178,75	\$	\$
4				0,34	60,78
Plan de manejo ambiental					
1	Suministro de agua para mitigación de polvo	m3	6	\$	\$
5				2,47	14,82
1	Monitoreo de ruido	u	1	\$	\$
6				473,12	473,12
1	Difusion de plan de manejo ambiental	u	1	\$	\$
7				223,96	223,96
Plan de seguridad laboral					
1	Cinta limitadora de peligro	m	40	\$	\$
8				0,28	11,20
1	Proteccion para el trabajador	u	6	\$	\$
9				96,95	581,70
Señalización vial temporal					
2	Señalización vertical a lado de la via 60x60 cm	u	1	\$	\$
0				93,60	93,60
2	Letreros de señalización preventiva	u	1	\$	\$
1				317,77	317,77
SUBTOTAL					\$ 8.771,47

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
UBICACIÓN: CAMPUS GUSTAVO GALINDO - ESPOL				
RUBRO: CAMPAMENTO DE INGENIERÍA				
FECHA: AGOSTO 2024			UNIDAD:	M2
ELABORADO POR: RAMÓN VERDUGA			RENDIMIENTO:	1
EQUIPOS				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	D=C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% M-O				\$ 0,71
			PARCIAL M	\$ 0,71
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	D=C*R
PEÓN	2,00	4,05	\$ 8,10	\$ 8,10
ALBAÑIL	1,00	4,10	\$ 4,10	\$ 4,10
MAESTRO DE OBRA	0,50	4,33	\$ 2,17	\$ 2,17
			PARCIAL N	\$ 14,37
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
TABLA DURA DE ENCOFRADO DE 0,20 M	U	5,00	\$ 4,72	\$ 23,60
CUARTON DE 4*2	U	2,00	\$ 1,50	\$ 3,00
ESTIPANEL/PAREDES GALVUME AR=5 e=0,40MM	M2	1,10	\$ 10,98	\$ 12,08
CLAVOS	KG	0,40	\$ 1,03	\$ 0,41
TIRAS 2,5*2,5*2,5	U	2,00	\$ 0,38	\$ 0,76
VIGAS DE MADERA TRATADA	M2	0,50	\$ 3,00	\$ 1,50
ALFAJIA 6*6*250CM	U	1,00	\$ 2,50	\$ 2,50
			PARCIAL O	\$ 43,85
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B
			PARCIAL P	\$ -
			TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	\$ 58,93
			COSTOS INDIRECTOS	
			COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 58,93
			VALOR PROPUESTO	\$ 58,93

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
UBICACIÓN: CAMPUS GUSTAVO GALINDO - ESPOL				
RUBRO: SUMINISTRO DE AGUA PARA MITIGACIÓN DE POLVO				
FECHA: AGOSTO 2024			UNIDAD:	M3
ELABORADO POR: RAMÓN VERDUGA			RENDIMIENTO:	0,0144
EQUIPOS				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	D=C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% M-O		0,05		\$ 0,006
TANQUERO DE AGUA	1	30	30	\$ 0,430
			PARCIAL M	\$ 0,438
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	D=C*R
MAESTRO MAYOR EJEC. OBRA CIVIL	0,25	4,06	\$ 1,02	\$ 0,010
PLOMERO	1,00	3,66	\$ 3,66	\$ 0,050
PEON	1,00	3,62	\$ 3,62	\$ 0,050
			PARCIAL N	\$ 0,119
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
AGUA	M3	1,005	\$ 1,50	\$ 1,508
			PARCIAL O	\$ 1,508
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B
			PARCIAL P	\$ -
			TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	\$ 2,065
			COSTOS INDIRECTOS	\$ 0,410
			COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 2,470
			VALOR PROPUESTO	\$ 2,47



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:

IMPLEMENTACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD DE CAUCHO RECICLADO EN LA VÍA PRINCIPAL DEL CAMPUS GUSTAVO GALINDO, ESPOL.

CONTENIDO:

VISTA EN PLANTA DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD UBICADO A LA ALTURA DEL PARQUEADERO DE LABORATORIOS DE FCNM

Coordinador de materia integradora:
Ing. Andrés Velasteguí

Tutor de materia integradora:
Ing. Carola Gordillo

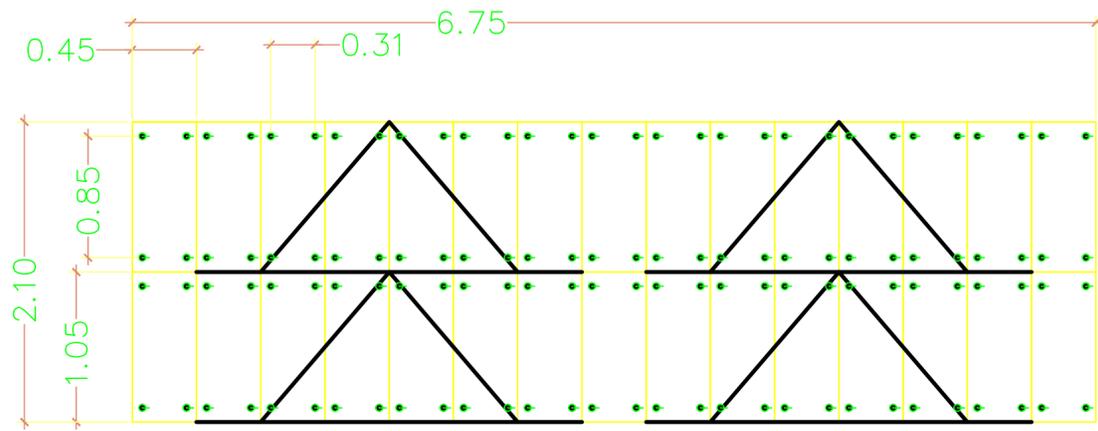
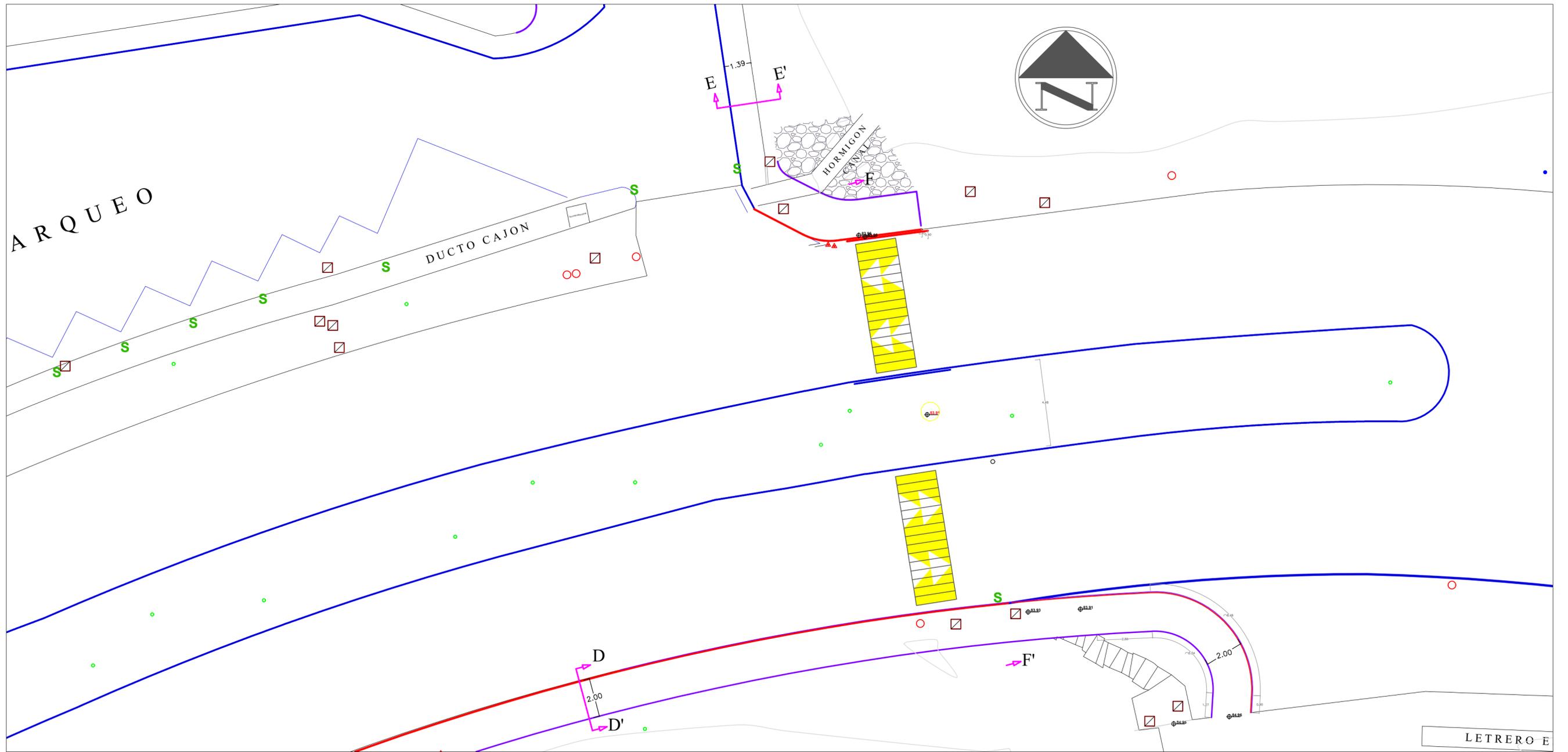
Estudiante:
Ramón Francisco Verduga Vera

Fecha de entrega:
08 de agosto, 2024

Profesor de materia integradora:
Ing. Lenin Dender

Lamina:
1/2

Escala:
1:150



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD DE CAUCHO REICLADO EN LA VÍA PRINCIPAL DEL CAMPUS GUSTAVO GALINDO, ESPOL.			
CONTENIDO: VISTA EN PLANTA DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD UBICADO A LA ALTURA DE EDIFICIO STEM.			
Coordinador de materia integradora: Ing. Andrés Velasteguí	Tutor de materia integradora: Ing. Carola Gordillo	Estudiante: Ramón Francisco Verduga Vera	Fecha de entrega: 08 de agosto, 2024
Profesor de materia integradora: Ing. Lenin Dender			Lamina: 2/2
			Escala: 1:150

Diseño para la implementación de reductores de velocidad de caucho reciclado para la pacificación de tránsito en el anillo vial del Campus Prosperina ESPOL.

PROBLEMA

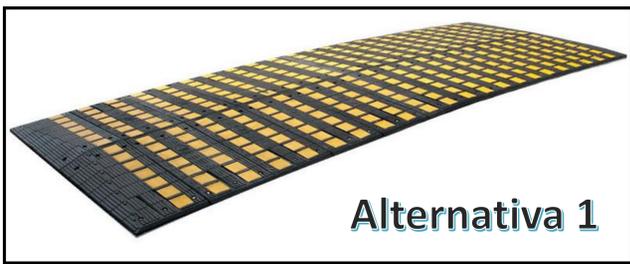
En el campus de ESPOL, persisten los incidentes de tránsito a pesar de la señalización y los límites de velocidad. La falta de dispositivos efectivos para reducir la velocidad en puntos críticos permite que los vehículos circulen a velocidades peligrosas, poniendo en riesgo la seguridad de estudiantes, profesores y personal administrativo.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un tope de caucho como reductor de velocidad, con el uso y transformación de llantas usadas, como alternativa para pacificar el tránsito en vías de la ESPOL, integrando los ejes sociales, económicos y ambientales.

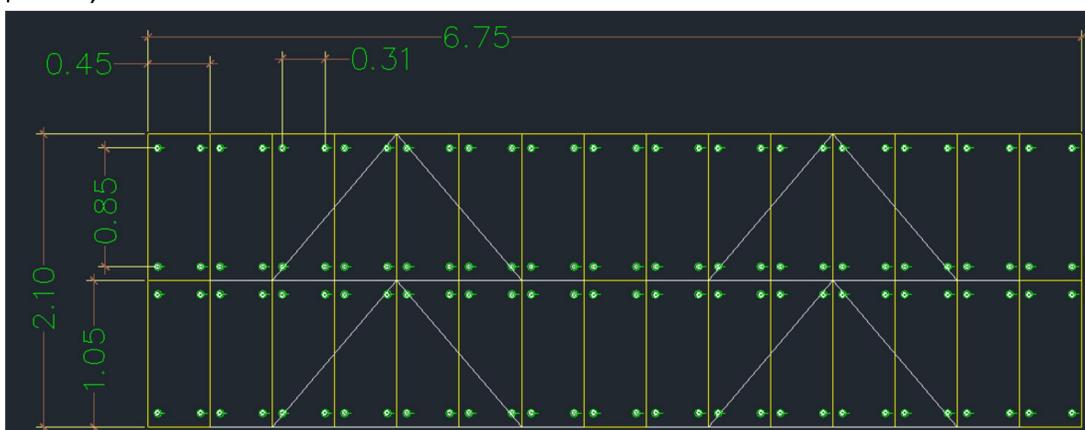


PROPUESTA



RESULTADOS

- ✓ Se realizó el diseño de un reductor de velocidad de caucho reciclado conformado por módulos interconectados de 0,45 m x 1,05 m. De esta forma se puede adaptar a cualquier ancho de calzado, añadiendo módulos hasta alcanzar el ancho deseado.
- ✓ La alternativa seleccionada genera un impacto ambiental mínimo por lo que se puede replicar fácilmente en otros puntos de la vía principal de ESPOL.
- ✓ La implementación de los reductores de velocidad en los puntos críticos supone un presupuesto aproximado de \$5013,19.



CONCLUSIONES

- ✓ El diseño de reductores de velocidad con caucho reciclado es una opción viable gracias a la durabilidad y resistencia del material, que garantiza una larga vida útil bajo la carga vehicular del campus.
- ✓ El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) asegura que los impactos negativos serán mínimos, aplicando estrategias para controlar la emisión de polvo, ruido y otros riesgos durante la construcción, preservando la calidad del aire, agua y biodiversidad.
- ✓ La implementación de reductores de caucho reciclado es un 43% más económica que los de concreto, con un costo de \$5013.19 para 27 metros lineales, comparado con \$8771.47 del concreto, destacando su rentabilidad y beneficios ambientales.