



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR:

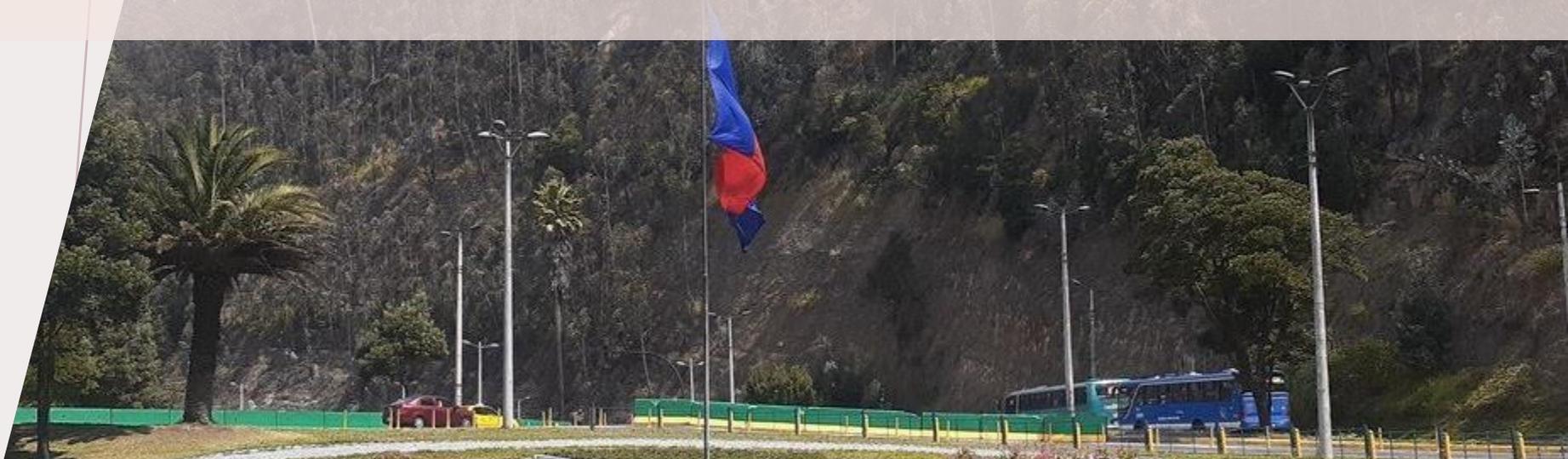
PABLO ALEJANDRO SANTANA
FLECHER

“EVALUACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE TRÁFICO VEHICULAR QUE SE DESARROLLAN EN EL DISTRIBUIDOR DE TRÁFICO DEL SECTOR EL TRÉBOL CANTÓN QUITO Y SU INFLUENCIA EN EL INCREMENTO DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)”

TUTOR:

Ing. Byron Morales MSc.

Sangolquí, 2023



ÍNDICE DEL PROYECTO

- 01 GENERALIDADES
- 02 MARCO TEÓRICO
- 03 ESTUDIO DE TRÁFICO
- 04 SIMULACIÓN
- 05 MONITOREO
- 06 PROPUESTAS
- 07 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



GENERALIDADES

Planteamiento del problema

Justificación

Objetivos



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Carrera de
Ingeniería Civil

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1

La contaminación ambiental representa un riesgo importante para la salud. Cada año provoca 4,2 millones de defunciones prematuras que se pueden evitar reduciendo los niveles de contaminación del aire.

2

El crecimiento poblacional está directamente relacionado con el incremento de actividades industriales, mayores tasas de motorización, aumento en el combustible y emisiones de contaminantes al aire.

3

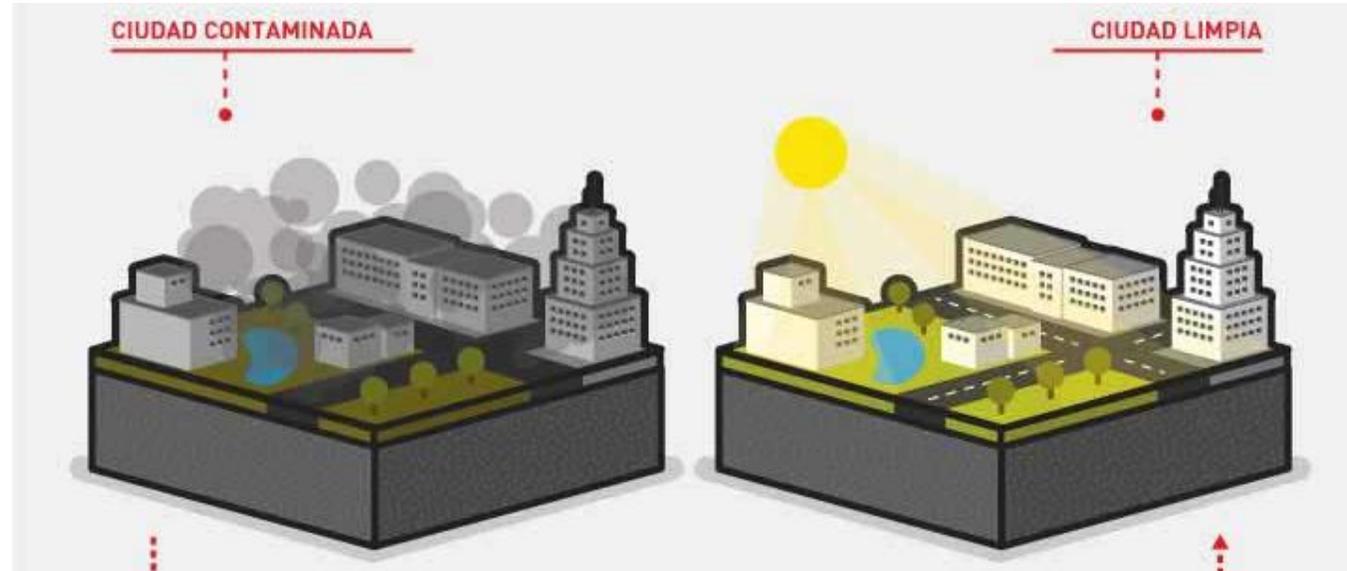
En el Ecuador el parque automotor se ha incrementado un 2,1%, esto refleja que para los próximos años se recupere el aumento contante de vehículos, sobre todo en el DMQ onde el transporte público en su mayoría opera a Diesel.

4

El sector del trébol es una zona con alto índice de contaminación ambiental, esto es generado por la gran concentración y demanda de vehículos que transitan por el lugar.



JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA



La contaminación es un tema de preocupación mundial, cada día se aumenta la necesidad de que las estructuras diseñadas por los ingenieros sean sostenibles, renovables y ecoeficientes, generando menos residuos o de alguna forma disminuyendo la huella de carbono que llevamos años originando.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los volúmenes de tráfico vehicular del sector El Trébol y su influencia en los niveles de contaminación de Dióxido de Nitrógeno (NO_2), mediante sistemas de monitoreo de inteligencia artificial para la definición de alternativas de implementación con tecnología de materiales catalíticos.

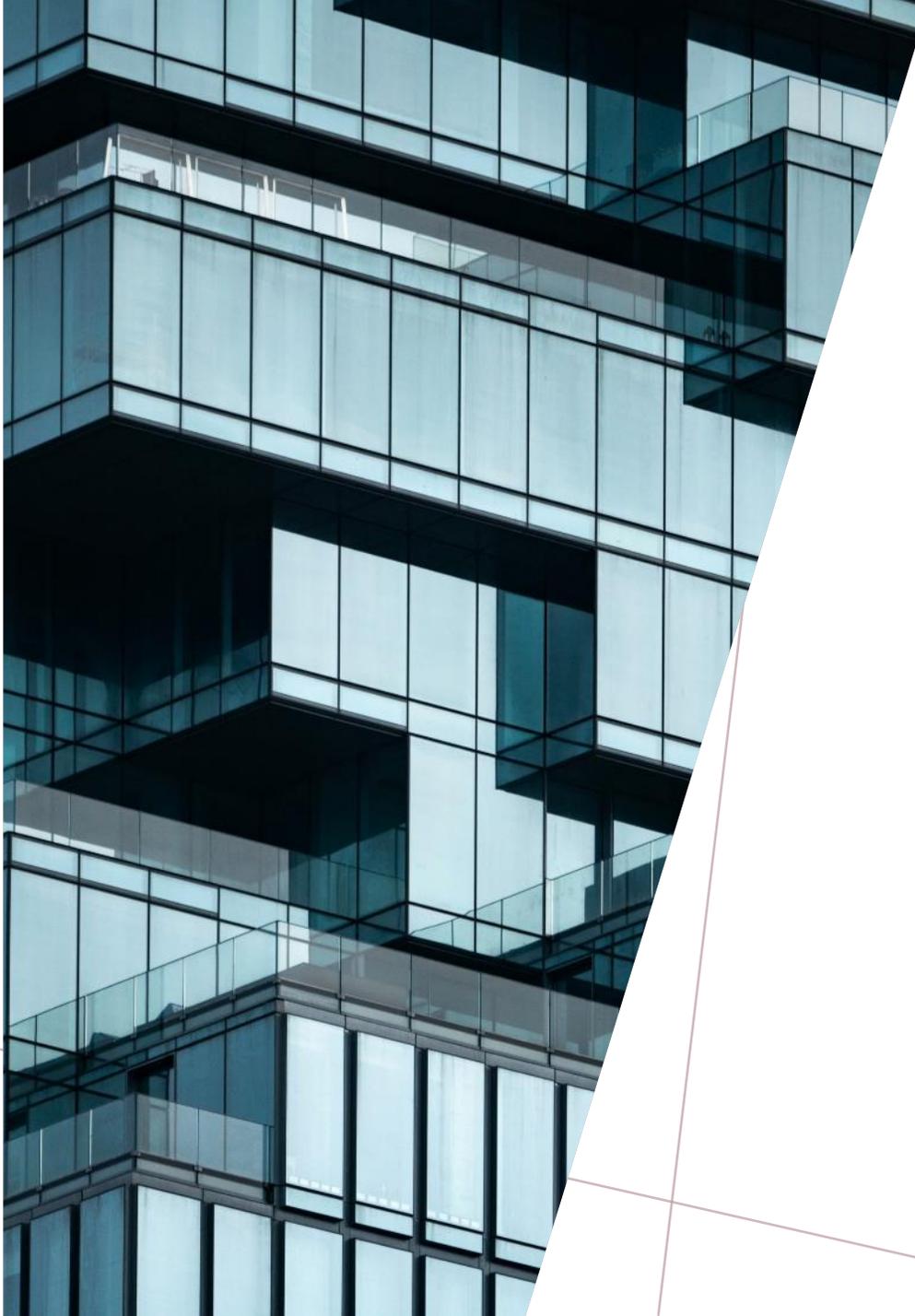


OBJETIVOS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio de tráfico en el sector de estudio, por medio de un conteo donde se pueda determinar los picos de circulación y encontrar sitios estratégicos para el monitoreo de contaminación.
- Diseñar una simulación computacional con los datos de tráfico, en donde se pueda observar la capacidad de circulación del distribuidor de tráfico y calcular los combustibles que son usados por los vehículos circundantes.
- Implementar sistemas de instrumentación y monitoreo en el sector el Trébol que cuantifiquen los datos de contaminación para generar una representación de la contaminación en el sector.
- Proponer tecnología de materiales catalíticos en el área de influencia de la zona de estudio.





MARCO TEÓRICO

Estudio de tráfico vehicular

Simulación de tráfico

Contaminación Ambiental y sensores

Definición y Clasificación de pavimentos



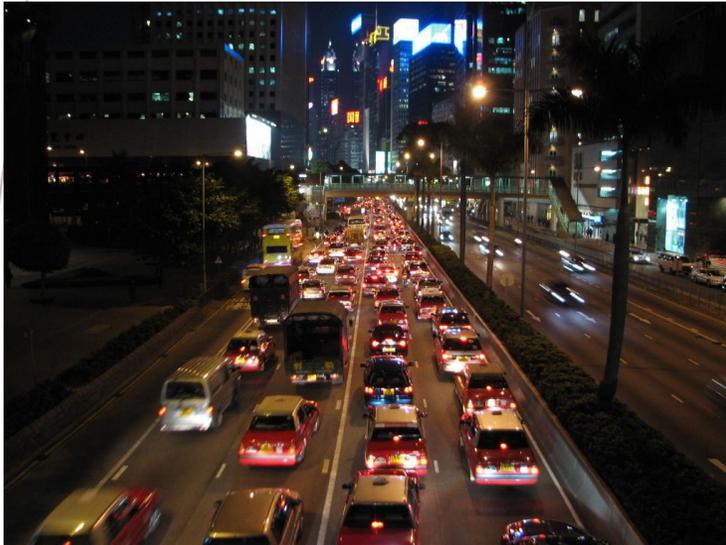
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Carrera de
Ingeniería Civil

ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR

Según la Real Academia Española (RAE, 2022) el tráfico se define como el “*tránsito o circulación de vehículos, personas y animales por las vías y terrenos de utilización general*”.

El tráfico es de las variables más importantes dentro del diseño de la estructura del pavimento de una vía



Variables del tráfico:

Nivel de servicio

Capacidad de tráfico

Transito Promedio Diario Anual



SIMULACIÓN DE TRÁFICO

Los modelos de simulación tratan de describir el comportamiento de los vehículos que circulan a través de un sistema vial.

Una simulación de tráfico puede servir para anticiparse y tomar todas las medidas pertinentes que eviten situaciones caóticas.



AIMSUN es una herramienta que permite modelar desde una intersección hasta ciudades completas. Este software es usado para generar soluciones a los problemas de tráfico que se presentan diariamente

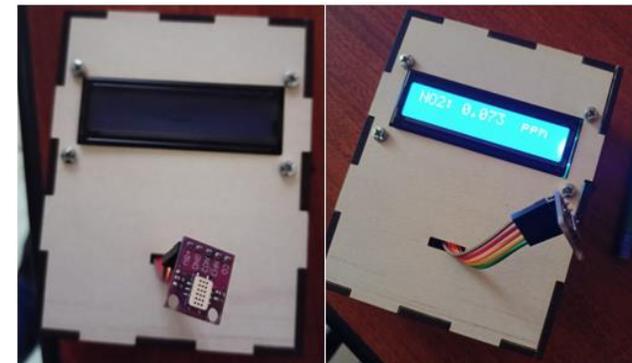


CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y SENSORES

La contaminación atmosférica se define como la presencia de materias o formas de energía en el aire que implican algún riesgo, daño o molestia grave para el ser humano, los animales, las plantas o bienes de cualquier naturaleza

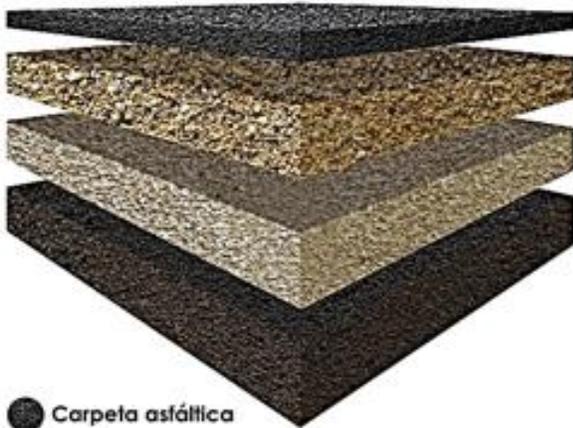
Sensor Remoto de contaminación

Los sensores remotos son instrumentos que pueden ser aplicados para la identificación de zonas de contaminación, evaluar la tendencia de contaminantes y ejecutar monitoreos exploratorios de calidad de aire.

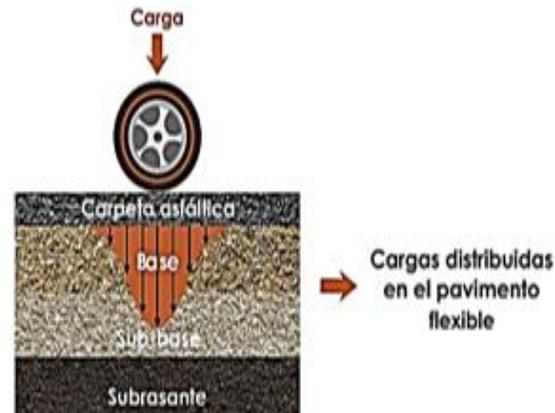


PAVIMENTOS

El pavimento es “una estructura de cimentación conformada por una o más capas, sobre la que actúan cargas repetidas proveniente del tránsito vehicular y debe transmitir las tensiones hacia la subrasante”



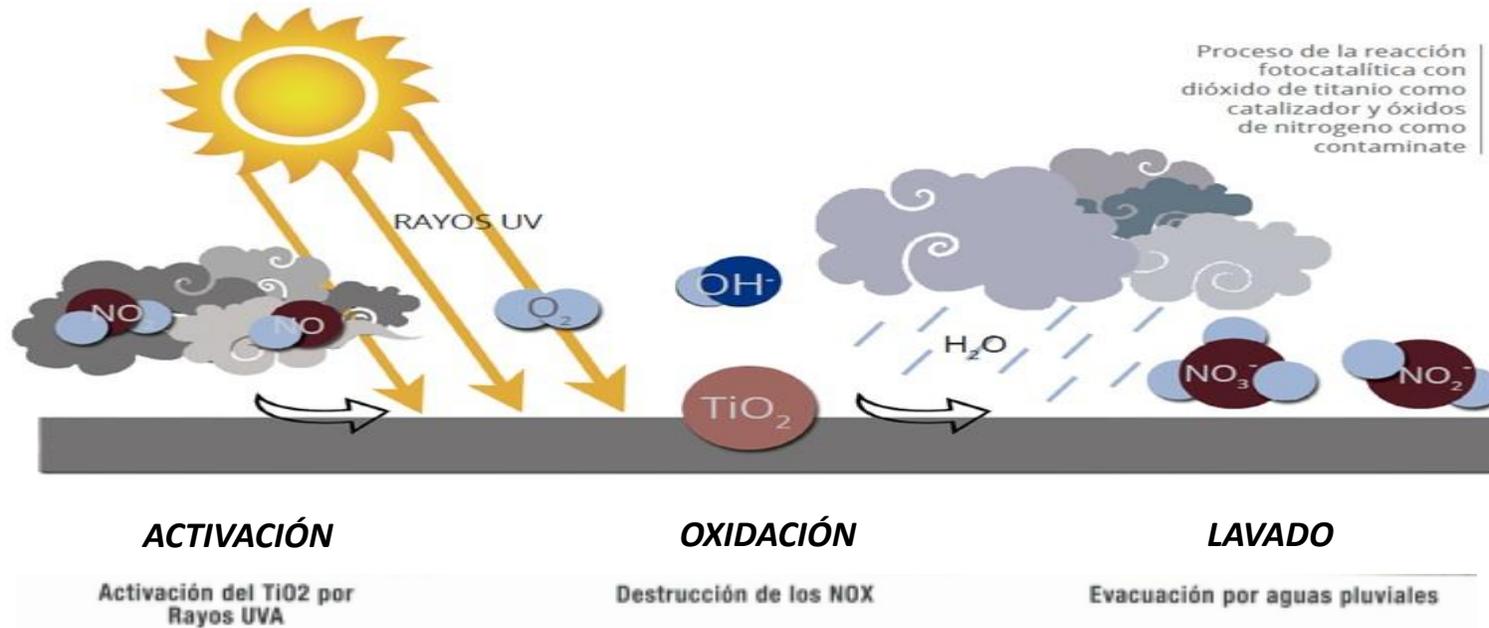
- Carpeta asfáltica
- Base
- Sub-base
- Subrasante



- Periodo de vida
- Costo
- Mantenimiento

PAVIMENTOS FOTOCATALIZADORES

El dióxido de Titanio (TiO_2) como catalizador genera un proceso de fotocatalísis heterogénea, que es el procedimiento por el cual un compuesto es activado químicamente por medio de los rayos UV resultan en una reacción de oxidación, este proceso convierte los gases contaminantes como el NO_x se transforman en nitratos y nitritos inofensivos.





ESTUDIO DE TRÁFICO

Ubicación

Volumen de tráfico

Proyección de tráfico

Nivel de servicio



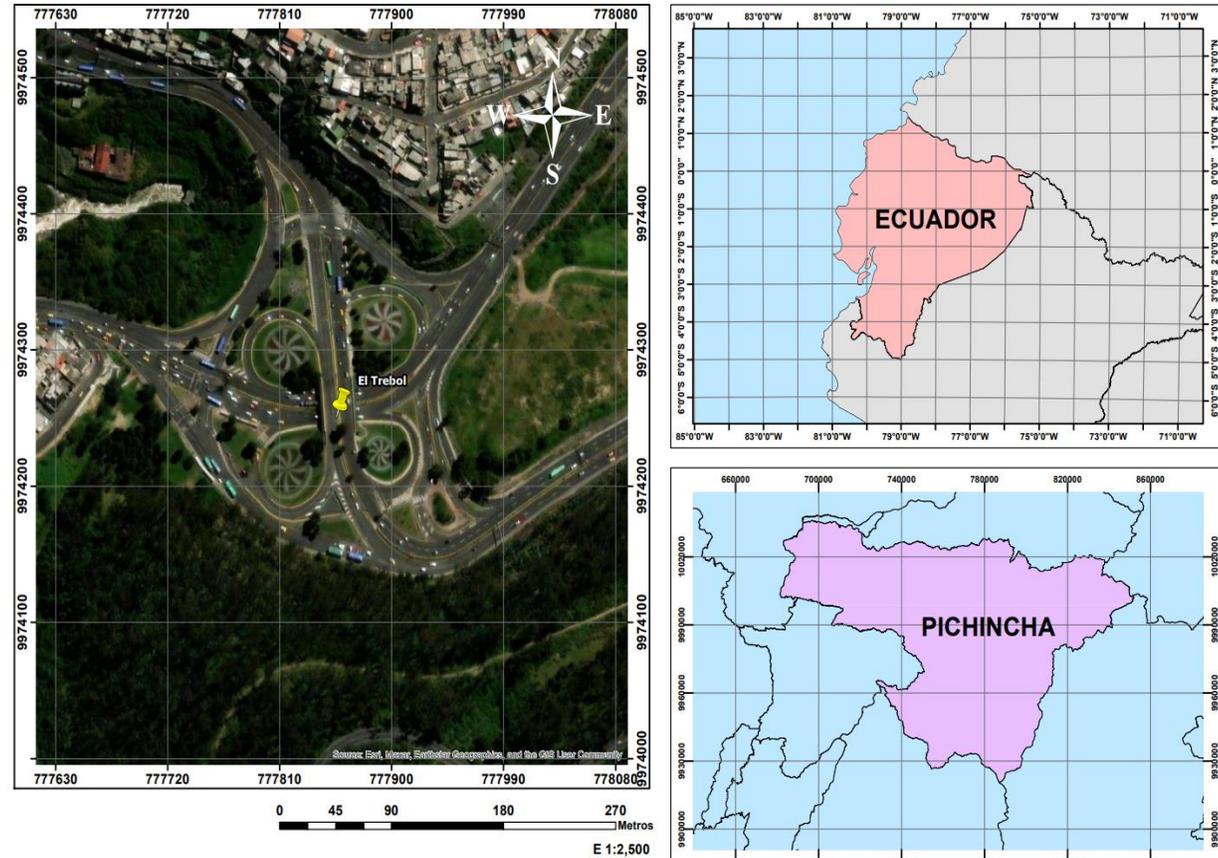
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Carrera de
Ingeniería Civil

UBICACIÓN

El intercambiador “El Trébol” está ubicado en el centro oriente de la ciudad de Quito, cantón Quito, provincia de Pichincha. Esta obra vial distribuye el tráfico vehicular del norte, centro y sur de Quito, además del Valle de Los Chillos.

UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



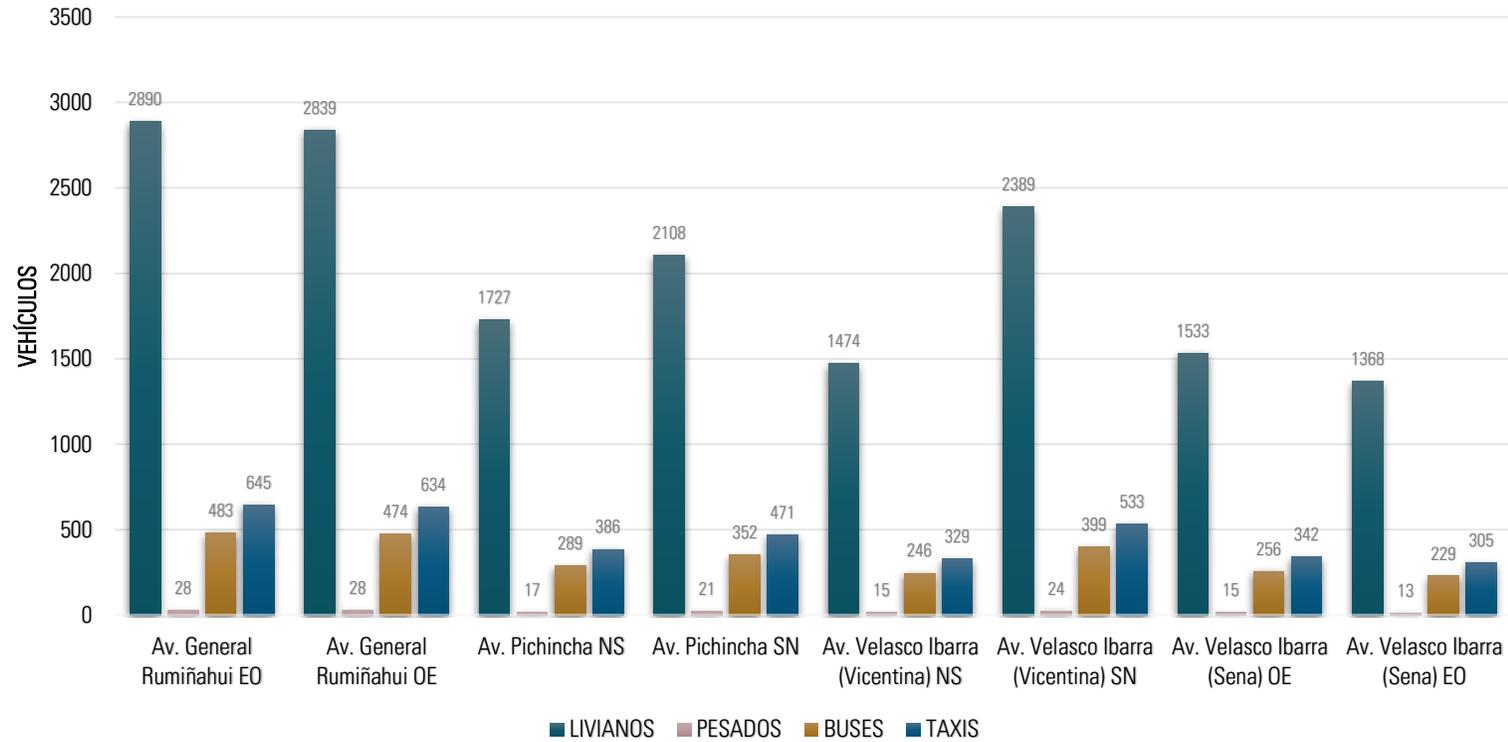
VOLUMEN DEL TRÁFICO

Ubicación	Sentido	# Carriles	No. De vehículos/hora pico
Av. General Ramiñahui	Este-Oeste	3	4047
Av. General Ramiñahui	Oeste - Este	2	3975
Av Pichincha	Norte - Sur	2	2418
Av Pichincha	Sur - Norte	3	2952
AV. Velasco Ibarra (Vicentina)	Norte - Sur	2	2064
AV. Velasco Ibarra (Vicentina)	Sur - Norte	2	3345
AV. Velasco Ibarra (Sena)	Oeste - Este	2	2146
AV. Velasco Ibarra (Sena)	Este-Oeste	2	1915



VOLUMEN DEL TRÁFICO

TIPO DE VEHÍCULOS - EL TRÉBOL



PROYECCIÓN DE TRÁFICO

PROYECCIÓN DE 10 AÑOS - 2032		
Ubicación	Sentido	No. De vehículos/hora pico
Av. General Rumiñahui EO	Este-Oeste	5082
Av. General Rumiñahui OE	Oeste - Este	4992
Av. Pichincha NS	Norte - Sur	3037
Av. Pichincha SN	Sur - Norte	3707
Av. Velasco Ibarra (Vicentina) NS	Norte - Sur	2592
Av. Velasco Ibarra (Vicentina) SN	Sur - Norte	4201
Av. Velasco Ibarra (Sena) OE	Oeste - Este	2695
Av. Velasco Ibarra (Sena) EO	Este-Oeste	2405

$$T_n = T_o(1 + r)^n$$

Donde:

T_n = Tráfico futuro o proyectado

T_o = Tráfico inicial

r = Tasa de crecimiento del tráfico

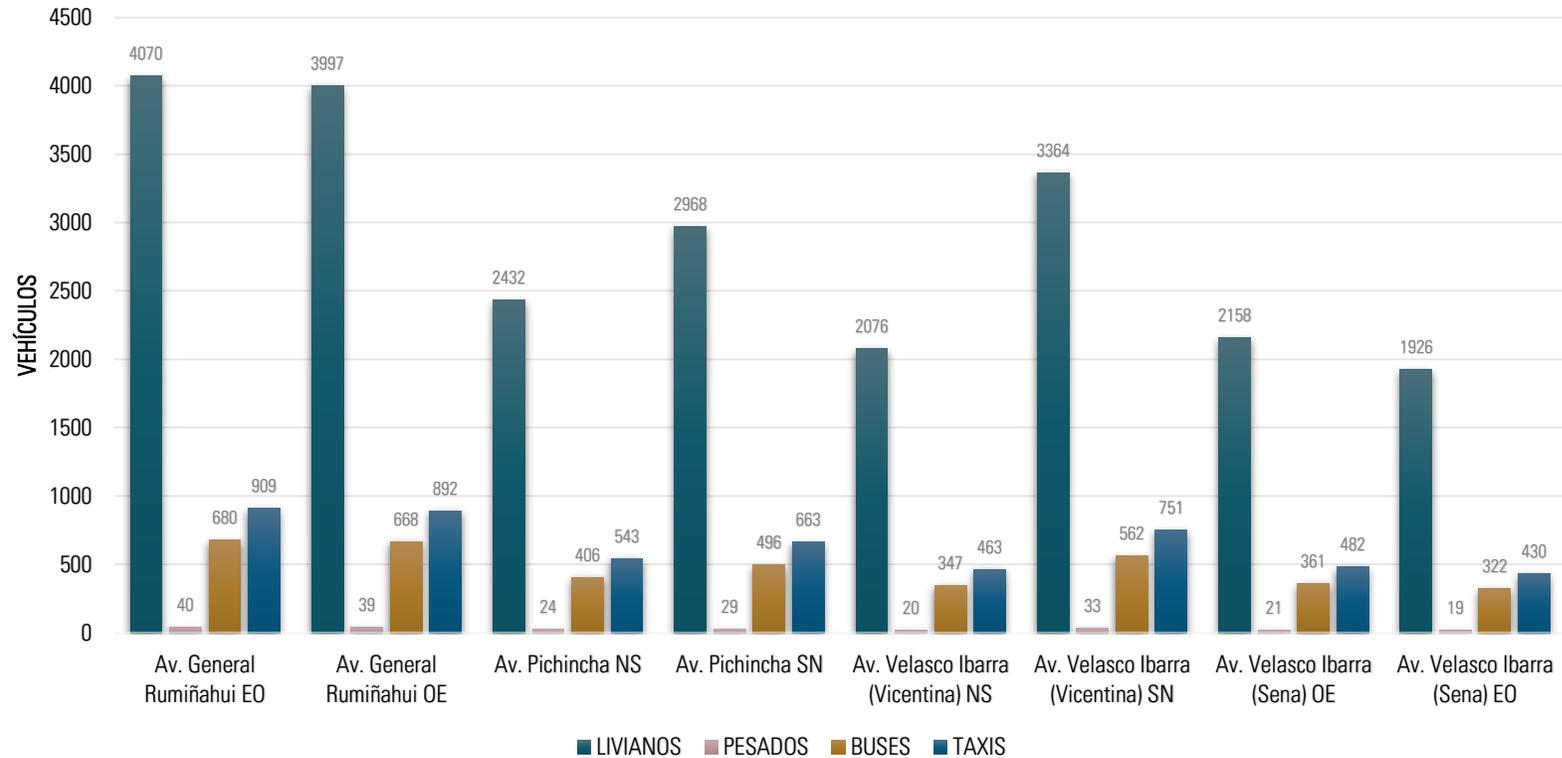
n = Periodo de expresión (años)

Periodo	Liviano	Bus	Camión	Prom.
2013 – 2018	4.47	2.22	2.18	2.96
2018 – 2023	3.97	1.97	1.94	2.63
2023 – 2028	3.57	1.78	1.74	2.36
2028 – 2033	3.25	1.62	1.58	2.15
2033 – 2038*	2.80	1.40	1.36	1.85
2038 – 2043*	2.44	1.22	1.18	1.61



PROYECCIÓN DE TRÁFICO

PROYECCIÓN VEHÍCULOS AÑO 2032 - EL TRÉBOL



NIVEL DE SERVICIO

Niveles de Servicio Intersecciones Semaforizadas

Niveles de Servicio	Demoras de tiempo de parado por vehículo
A	Menores de 10
B	Mayores de 10 y menores de 20
C	Mayores de 20 y menores de 35
D	Mayores de 35 y menores de 55
E	Mayores de 55 y menores de 80
F	Mayores de 80





SIMULACIÓN EN SOFTWARE AIMSUN

AIMSUM

Detalles de Intercambiador

Resultados de simulación

Proyección vehicular 10 años



AIMSUN

AIMSUN es una herramienta informática que permite modelar desde una región aislada como puede ser una intersección hasta ciudades completas. Este software es usado por universidades, consultores y hasta gobiernos alrededor del mundo, para generar soluciones a los problemas de tráfico que se presentan diariamente

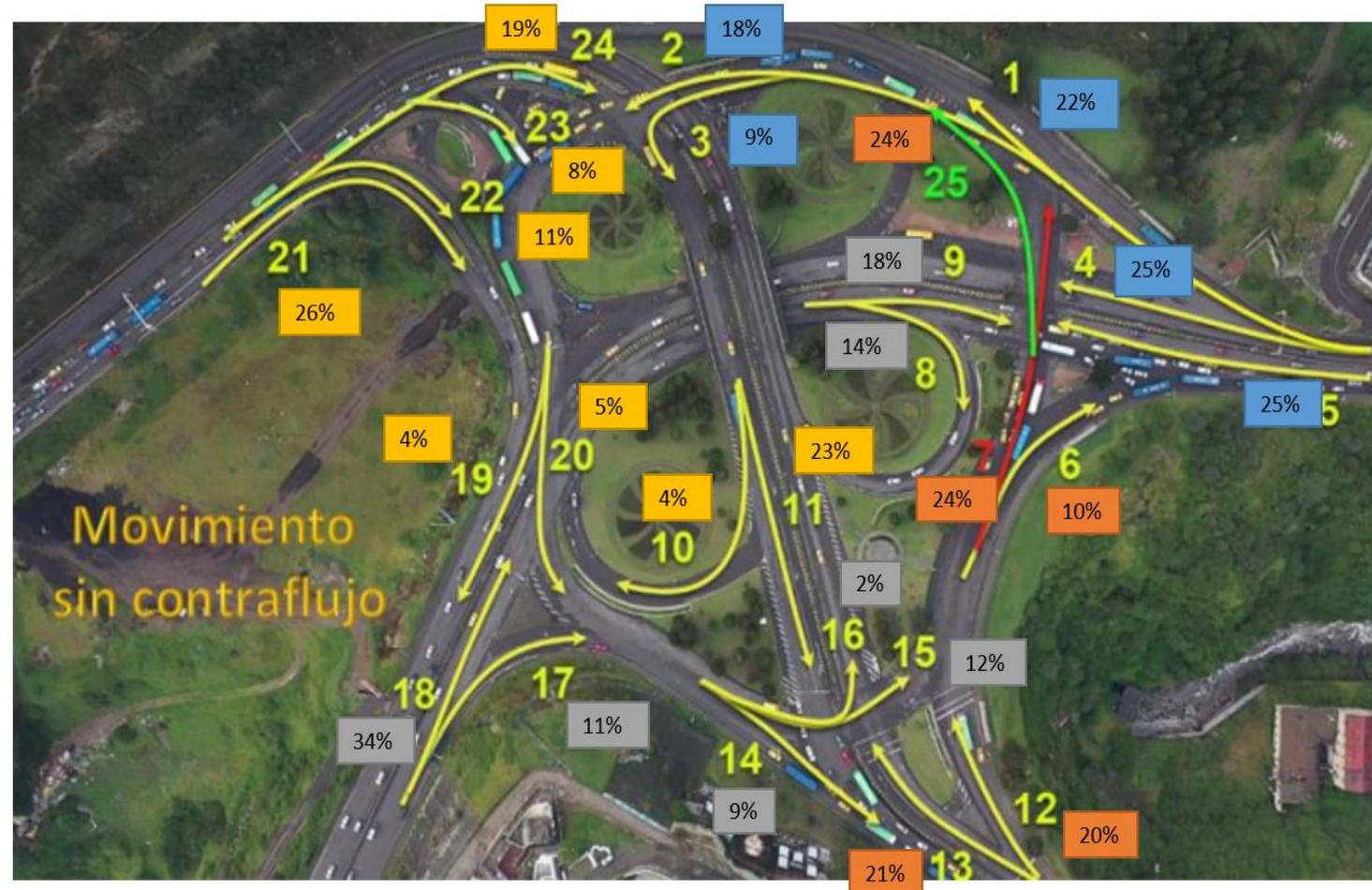


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Carrera de
Ingeniería Civil

DETALLES DE INTERCAMBIADOR

Porcentaje de vehículos por ruta en el sitio de estudio



DETALLES DE INTERCAMBIADOR

Semáforos encontrados
en la zona de estudio



DETALLES DE INTERCAMBIADOR

Semáforos encontrados
en la zona de estudio



DETALLES DE INTERCAMBIADOR

Tiempos de
semaforización ingresados
en el programa

Nodo: 808 (Capa: Primario) {a3b0aff6-fada-46da-bfc0-e44a39af9e2a} Plan de Control: 858 Plan de Control AM

Tipo: Fijo Cido: 90 segs. Transición Verde a Rojo Transición Rojo a Verde

Desplazamiento: 0.00 s Anillos: 1 Tiempo de Ámbar: 4.00 s Porcentaje de Rojo: 50 Tiempo de Ámbar: 0.00 s

Tiempos Prioridad

Ver como: Fases Añadir Fase Borrar Fase Borrar Todas las Fases

Básico Actuado Detectores

Interfase Tiempo de Ámbar (Verde a Rojo): Usar Valor del Nodo Tiempo de Ámbar (Rojo a Verde): Usar Valor del Nodo

Duración Mínima: 0.00 s

Señal	Asignado a la Fase	Intermitente
Grupo 1		No
Grupo 2		No
Grupo 3		No

Ayuda Aceptar Cancelar



MODELO DE CONTAMINACIÓN

Modelo de emisiones de Londres

$$y = ax^2 + b \quad : x < 10\text{km/h}$$

$$y = ax^3 + bx^2 + x + c \quad : x \geq 10\text{km/h}$$

“y” es la emisión (gramos/km); “a”, “b”, “c” y “z” son constantes derivadas que se definen para cada vehículo y tipo de emisión, x es la velocidad media en el micro viaje

Modelo de Panic et al.

$$E_n(t) = \max[E_0; f_1 + fv_{2n}(t) + fv_{3n}(t)^2 + fa_{4n}(t) + fa_{5n}(t)^2 + fv_{6n}(t)a_n(t)]$$

$$v_n(t + \tau) = \min \begin{cases} v_n(t) + 2.5a_n^{\max}\tau[1 - v_n(t)]/v_n^{des}[0.025 + v_n(t)/v_n^{des}]^{1/2} \\ c_1v_n(t) + c_2v_{n-1}(t) + c_3[S_n(t) - s_n^{\min}] \\ d_n\tau + [d_n^2\tau^2 - d_n\{2[S_n(t) - s_n^{\min}] - v_n(t)\tau - v_{n-1}^2(t)/\widehat{d}\}]^{1/2} \end{cases}$$

$$a_n(t + \tau) = [v_n(t + \tau) - v_n(t)]/\tau$$



DETALLES DE INTERCAMBIADOR

Porcentaje de combustible para cada tipo de vehículo.

Tipo de Veh	Gasolina (litros)	%	Diesel (litros)	%	Total (litros)
Livianos	120878	94.64	6849	5.36	127727
Buses	0	0	2304	100	2304
Pesados	200	2.84	6843	97.16	7043
Motos	10410	100	0	0	10410
Totales	131488	89.15	15996	10.85	147484



RESULTADOS DE SIMULACIÓN

Resultados de Tiempos de demora en simulación



RESULTADOS DE SIMULACIÓN

Resultados de NO_x en simulación.



PROYECCIÓN VEHICULAR 10 AÑOS

Proyección de Densidad en simulación.



SIMULACIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Carrera de
Ingeniería Civil

PROYECCIÓN VEHICULAR 10 AÑOS

Resultados de NOx proyectado en simulación.



SIMULACIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Carrera de
Ingeniería Civil

SERIE TEMPORAL	VALOR	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	UNIDADES
Cola Media - Todos	148.11	ND	veh
Densidad - Todos	33.11	ND	veh/km
Emisión IEM - CO2 - Todos	4000416.63	ND	g
Emisión IEM - NOx - Todos	21519.85	ND	g
Emisión IEM - PM - Todos	2290.54	ND	g
Emisión IEM - VOC - Todos	2047.77	ND	g
Flujo de Entrada - Todos	10863	ND	veh/h
Número Total de Cambios de Carril - Todos	21770	ND	
Número Total de Paradas - Todos	20580	ND	
Tiempo de Demora - Todos	119.84	113.32	seg/km
Tiempo de Espera en Cola Virtual - Todos	197.28	266.31	seg
Tiempo de Parada - Todos	84.83	101.53	seg/km
Tiempo Total de Viaje - Todos	343.08	ND	h
Velocidad - Todos	28.51	15.39	km/h
Velocidad Harmónica - Todos	20.69	12.72	km/h





MONITOREO DE LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN

Dióxido de Nitrógeno

Sensor remoto de contaminación

Resultados obtenidos

Isoyetas de contaminación



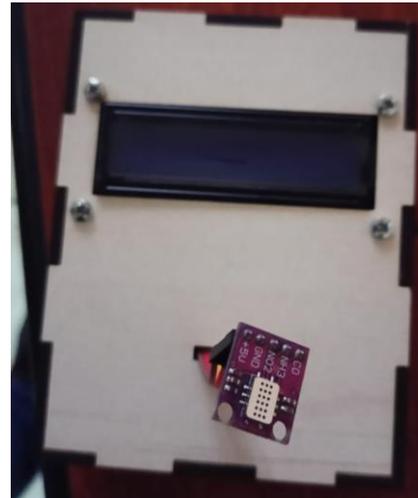
DIÓXIDO DE NITRÓGENO

El Dióxido de nitrógeno (NO_2) forma parte de un grupo llamado óxidos de nitrógeno (NO_x), el NO_2 es un gas de color amarillo pardo que constituye la mayoría de lo que llamamos “smog”. El NO_2 puede llegar a producir irritación en los pulmones, también es causante de neumonía y bronquitis.

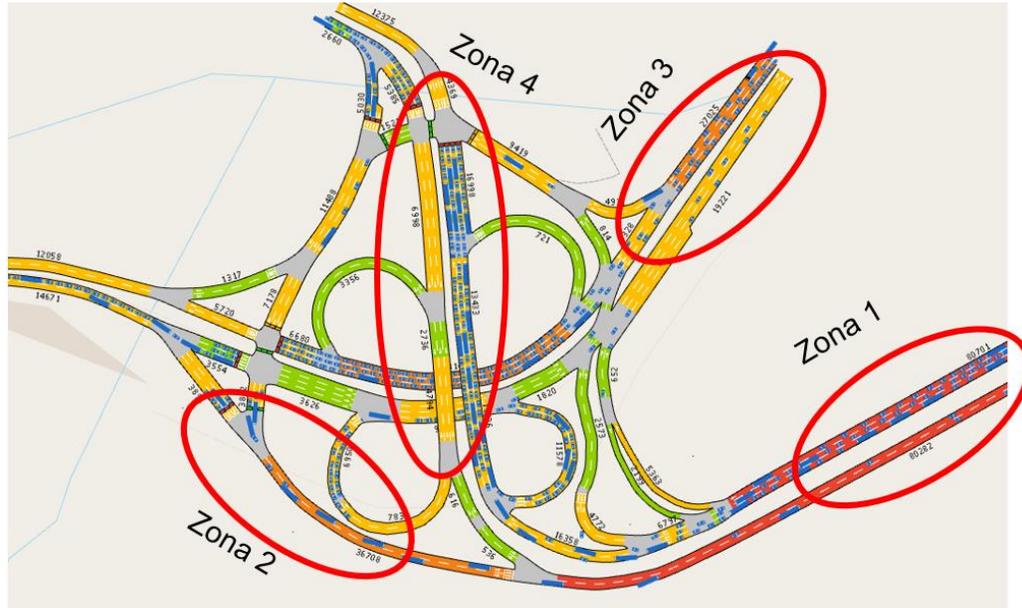


SENSOR REMOTO DE CONTAMINACIÓN

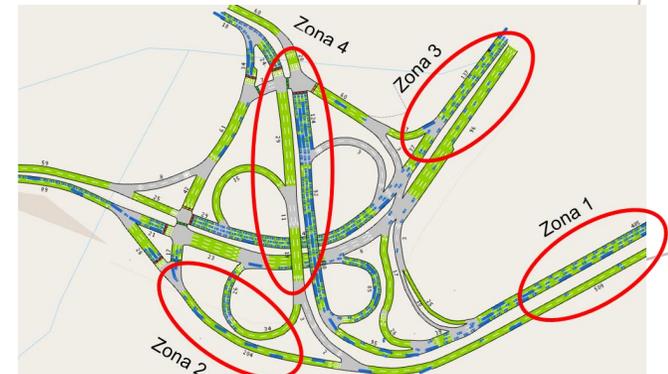
Los sensores remotos son instrumentos que pueden ser aplicados para la identificación de zonas de contaminación, evaluar la tendencia de contaminantes y ejecutar monitoreos exploratorios de calidad de aire. Estos dispositivos recolectan contaminantes que proporcionan información sobre promedios de concentración.



UBICACIÓN DE LOS SENSORES



UBICACIÓN DE LOS SENSORES



MÉTODO DE MONITOREO

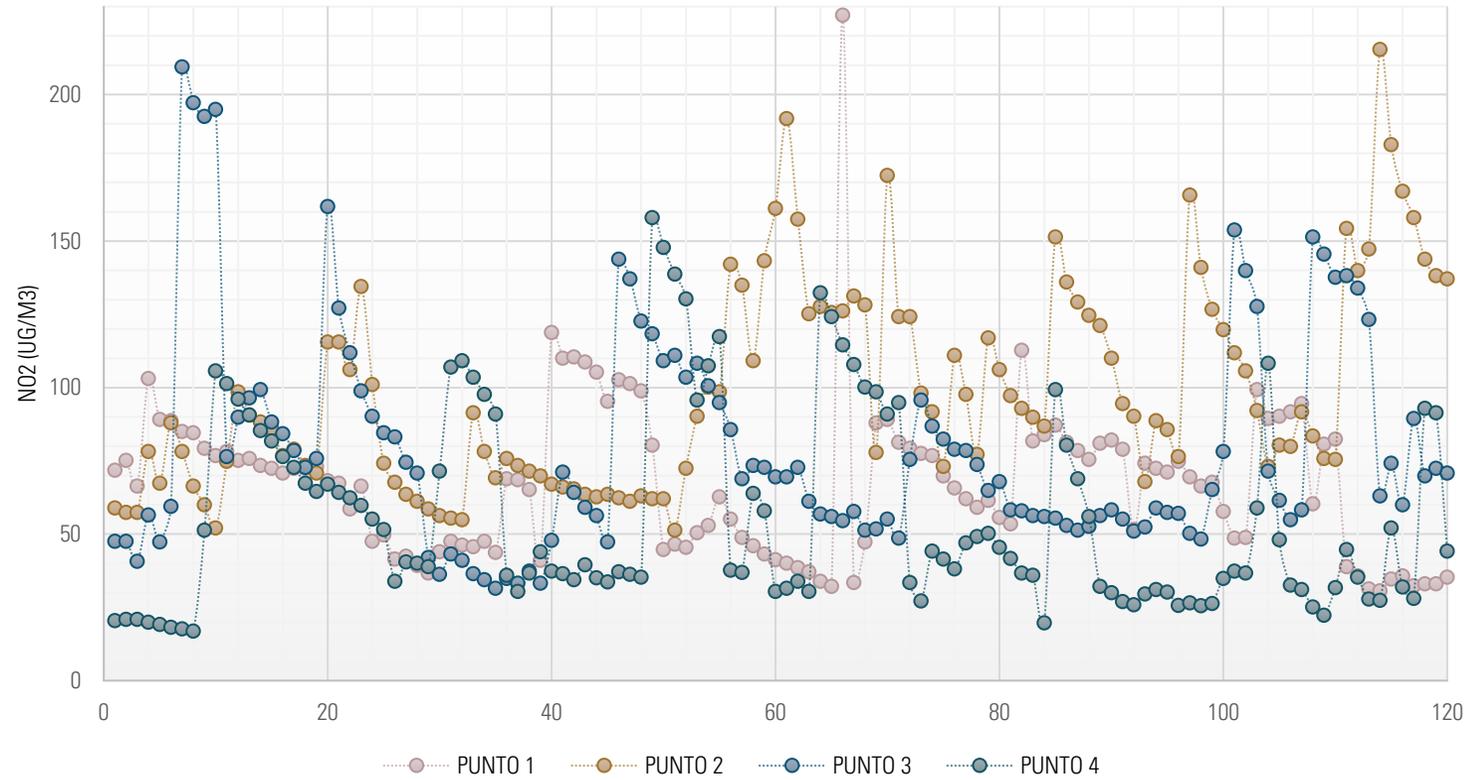
Para la recolección de gases contaminantes y material particulado producidos por los vehículos, se utilizó una unidad remota descrita anteriormente, se recolectó datos en cada punto por el periodo de 15 minutos a la altura de 1 metro desde la calzada analizada, en el horario de las 7:00 a.m. hasta las 8:00 a.m. durante el periodo de una semana.

PARAMETRÓ	PERIODO	Puntos	Método
NO2	15 minutos	8	Sensor remoto

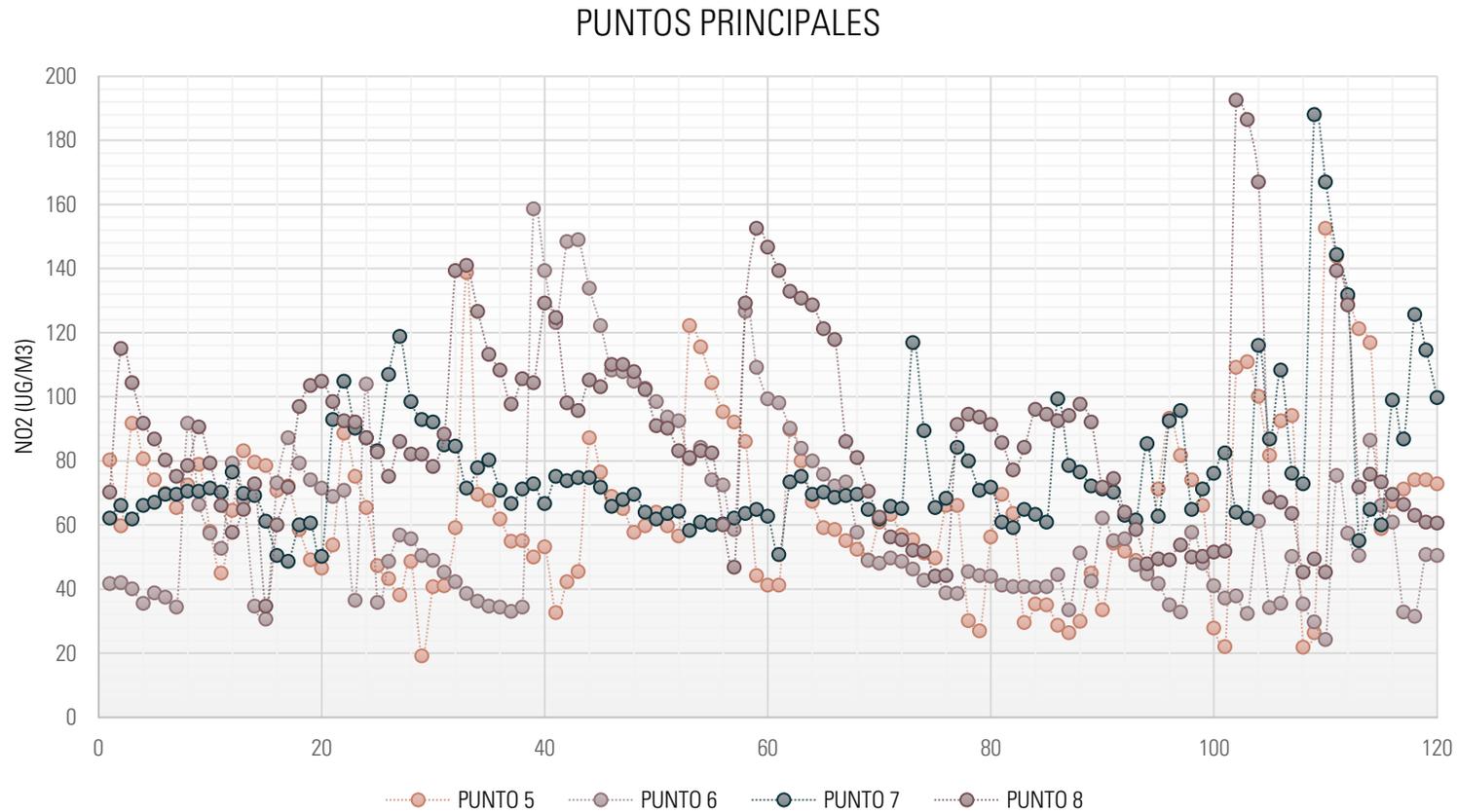


RESULTADOS OBTENIDOS

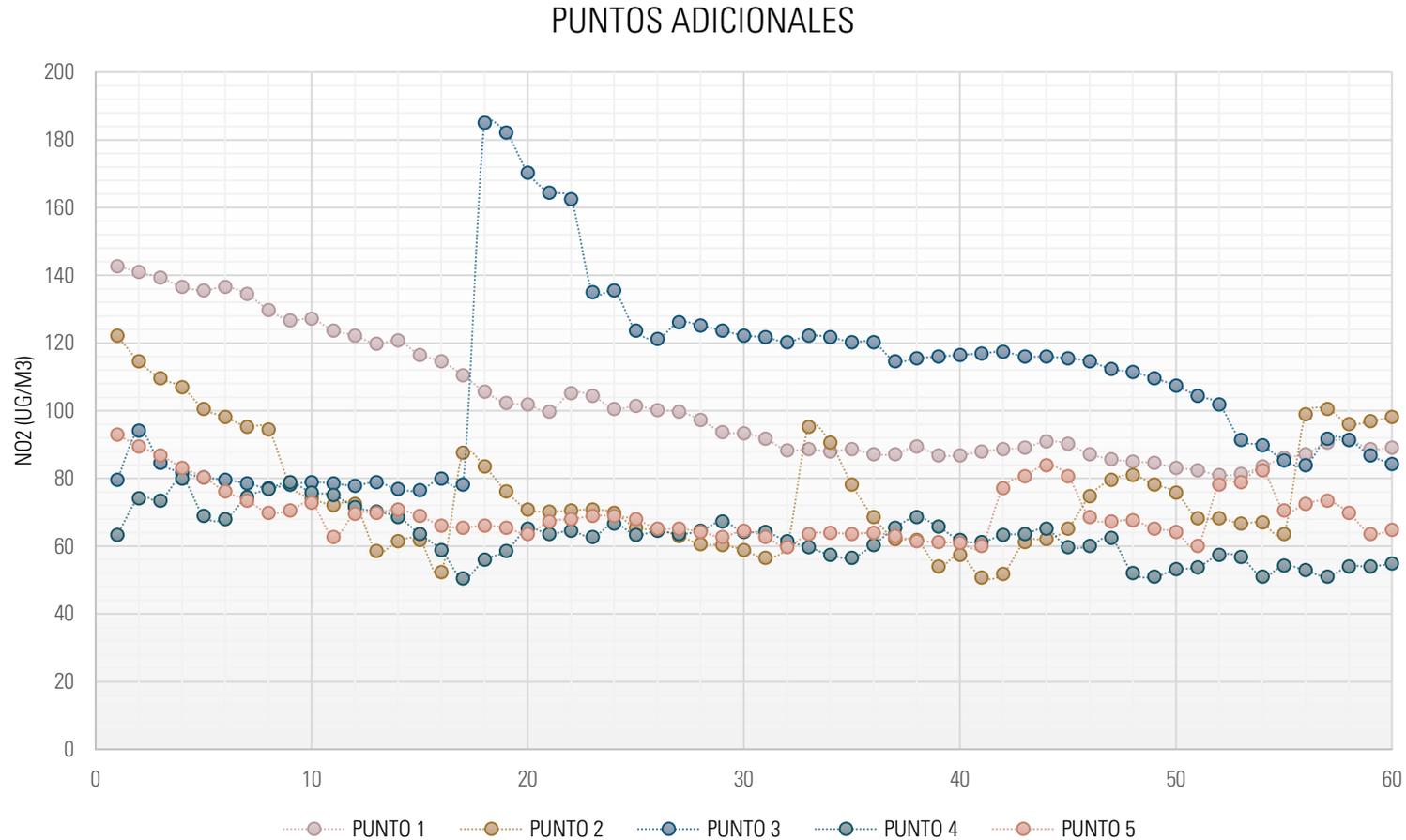
PUNTOS PRINCIPALES



RESULTADOS OBTENIDOS

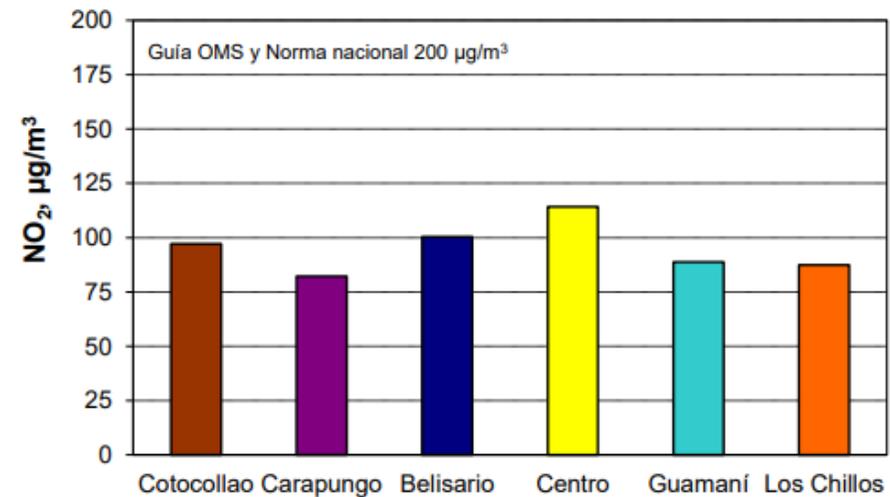


RESULTADOS OBTENIDOS



RESULTADOS OBTENIDOS

Para finalizar se validó los datos con datos con información recolectada de la Secretaría del ambiente, estos se muestran en el gráfico donde podemos observar los datos para el centro de la ciudad de Quito. En esta gráfica podemos observar que los niveles se mantienen cerca de los 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que se acerca a valores tomados en campo en donde en el punto máximo se tuvo un valor de 107.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



ISOYETAS DE CONTAMINACIÓN

Puntos de muestreo georreferenciados para concentración de gas (NO₂)

PUNTO	ESTE	NORTE	NO ₂	DETALLE
1	778006.19	9974213.80	67.29	PRINCIPAL
2	777744.50	9974255.83	98.61	PRINCIPAL
3	777970.99	9974367.92	79.12	PRINCIPAL
4	777870.19	9974361.10	56.36	PRINCIPAL
5	777780.23	9974350.43	65.49	PRINCIPAL
6	777708.62	9974294.00	61.74	PRINCIPAL
7	777882.25	9974153.36	76.95	PRINCIPAL
8	777856.78	9974263.17	87.89	PRINCIPAL
9	778010.00	9974293.00	101.67	ADICIONAL
10	777955.00	9974161.00	75.59	ADICIONAL
11	777792.00	9974176.00	107.90	ADICIONAL
12	777744.00	9974318.00	62.84	ADICIONAL
13	777841.00	9974407.00	69.68	ADICIONAL



ISOYETAS DE CONTAMINACIÓN

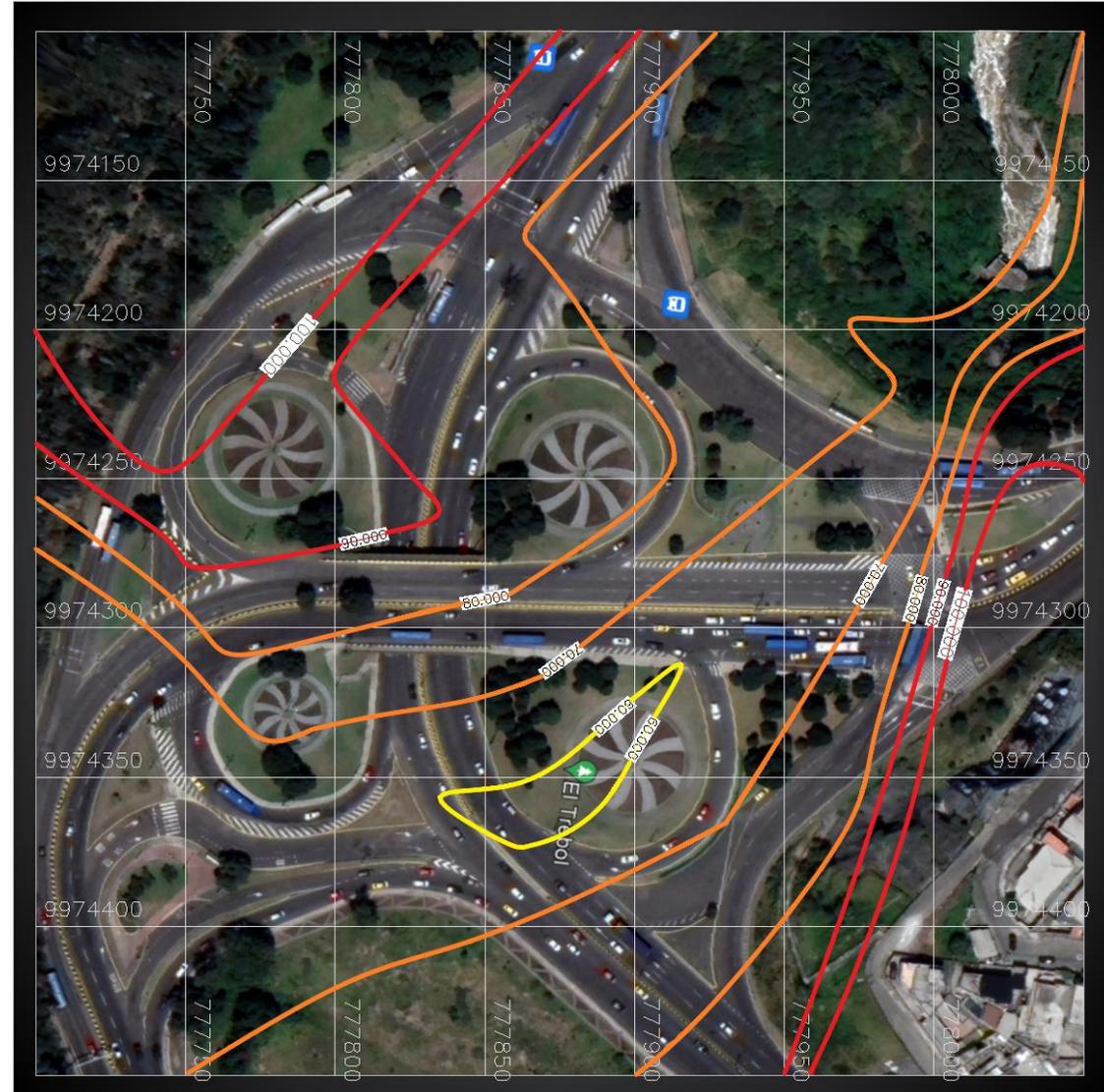
Puntos de muestreo georreferenciados para emisiones máximas

PUNTO	ESTE	NORTE	NO ₂	DETALLE
1	778006.19	9974213.80	135.854	PRINCIPAL
2	777744.50	9974255.83	185.902	PRINCIPAL
3	777970.99	9974367.92	191.198	PRINCIPAL
4	777870.19	9974361.10	141.442	PRINCIPAL
5	777780.23	9974350.43	137.72	PRINCIPAL
6	777708.62	9974294.00	145.854	PRINCIPAL
7	777882.25	9974153.36	151.378	PRINCIPAL
8	777856.78	9974263.17	169.066	PRINCIPAL
9	778010.00	9974293.00	139.228	ADICIONAL
10	777955.00	9974161.00	110.798	ADICIONAL
11	777792.00	9974176.00	172.886	ADICIONAL
12	777744.00	9974318.00	77.334	ADICIONAL
13	777841.00	9974407.00	87.254	ADICIONAL



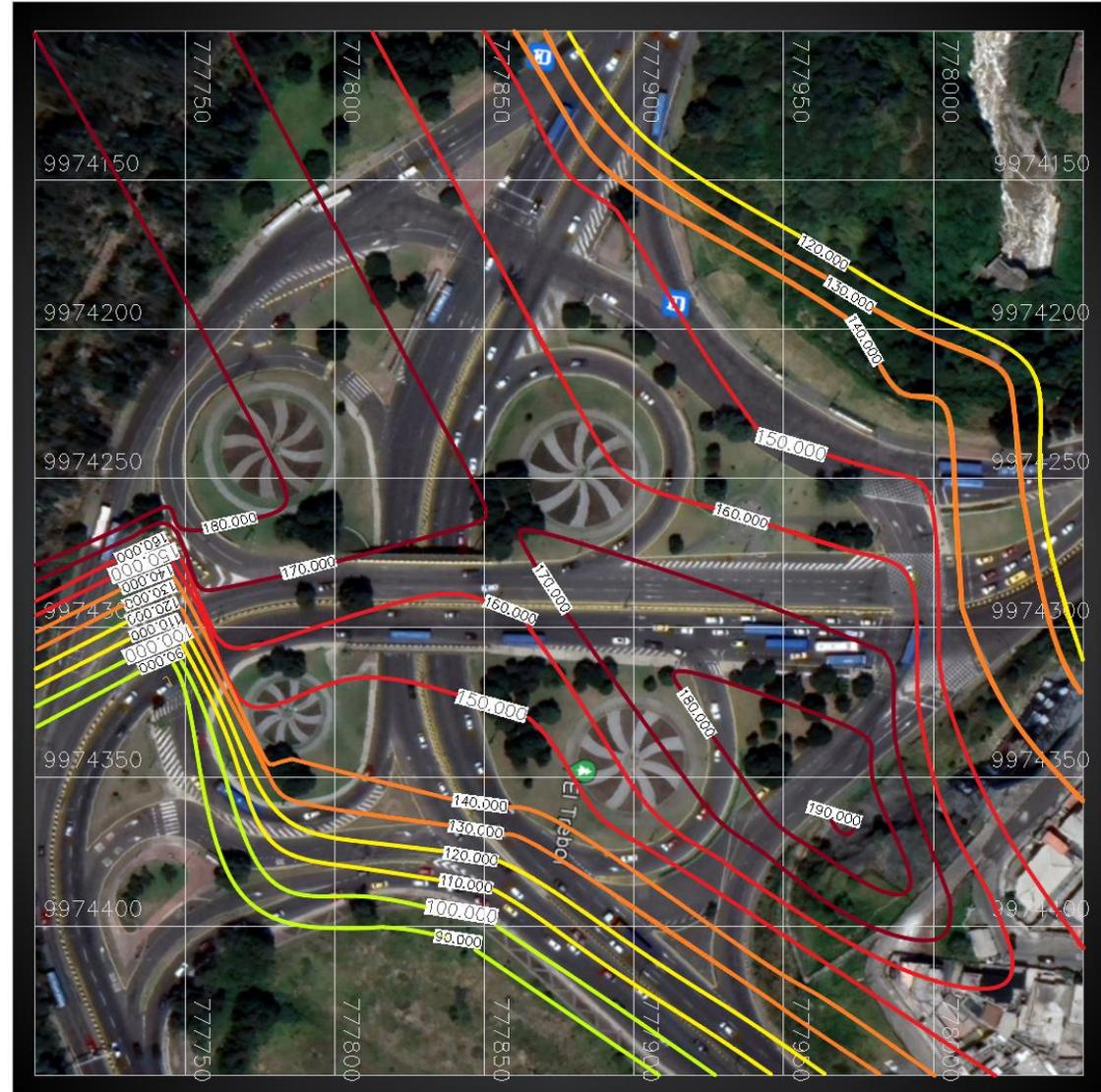
ISOYETAS DE CONTAMINACIÓN

Concentración de gas NO_2



ISOYETAS DE CONTAMINACIÓN

Emisiones Máximas de NO_2





PROPUESTA DE DESCONTAMINACIÓN

Análisis de alternativas

Desarrollo de las propuestas

Presupuesto referencial de rubros

Costo de enfermedades pulmonares

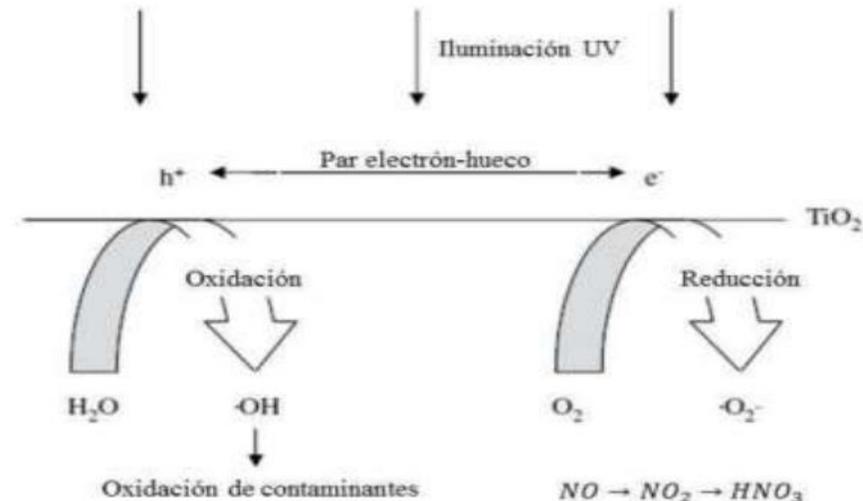


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Carrera de
Ingeniería Civil

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

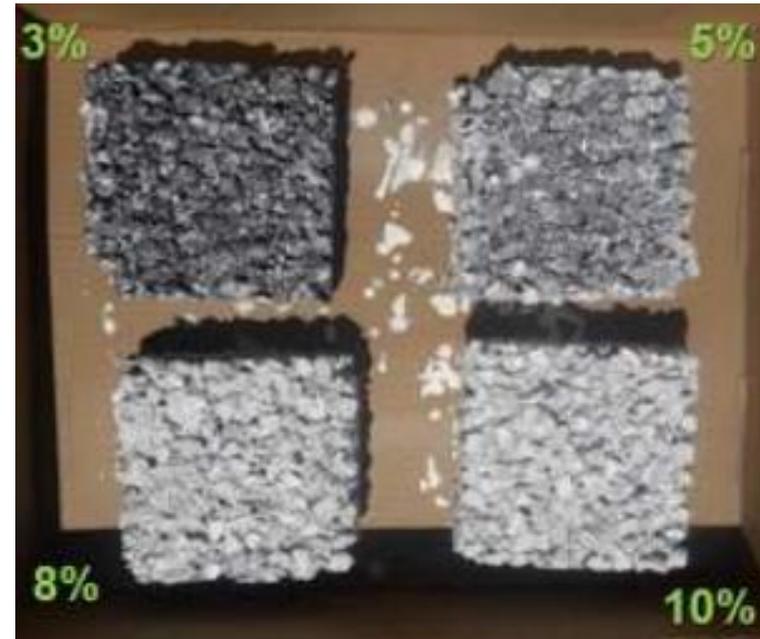
Para la descontaminación del sector en la parte vial más cercana al nivel del suelo se propone la implementación de **Dióxido de Titanio (TiO_2) como fotocatalizador** que genera un proceso de fotocatalisis heterogénea, que es el procedimiento por el cual un compuesto es activado químicamente por medio de los rayos UV resultan en una reacción de oxidación, este proceso convierte los gases contaminantes como el NO_x se transforman en nitratos y nitritos inofensivos



PAVIMENTO FOTOCATALIZADOR

El Dióxido de Titanio (TiO_2) en los pavimentos tiene el efecto de autolimpieza que depende de la eficiencia de oxidación de las moléculas orgánicas mediante la formación de radicales OH, para esto se requiere agua y oxígeno que son proporcionados de la misma atmósfera.

Para este tipo de pavimento se ha utilizado una micro emulsión de base acuosa con un porcentaje de 5% de Dióxido de Titanio



PINTURAS FOTO-CATALÍTICAS

En la zona de estudio también encontraremos gases contaminantes en la parte alta del intercambiador, muy cercanas a la zona residencial, para estas zonas se propone la implementación de ***Pinturas Foto-catalíticas***, estos productos se pueden implementar tanto en el interior como en el exterior de edificaciones.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Carrera de
Ingeniería Civil

MEMBRANA DE RECUBRIMIENTO DE BÓRAX

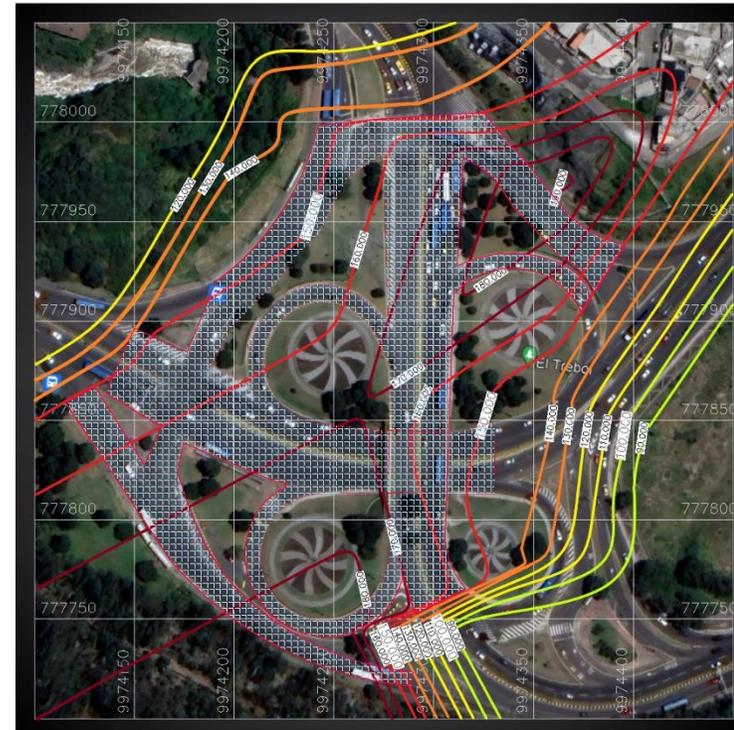
Se encargará de darle soporte estructural al talud además de comportarse como una membrana foto catalítica para purificar el aire, que no solo servirá de protección del talud, sino que también ayudará en la descontaminación del sector. Esta membrana al no ser tóxica, ni causar efecto nocivo al medio ambiente que lo rodea, le permite interactuar eficientemente con la vegetación del sector



DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS

Para calcular el volumen de material que se requiere colocar de pavimento foto catalítico, se delimitó los límites en base a las isoyetas de descontaminación de emisiones máximas, utilizando el criterio de las zonas que sobrepasan los $150 \mu\text{m}^3$ de NO_2 para seleccionar las zonas de intervención

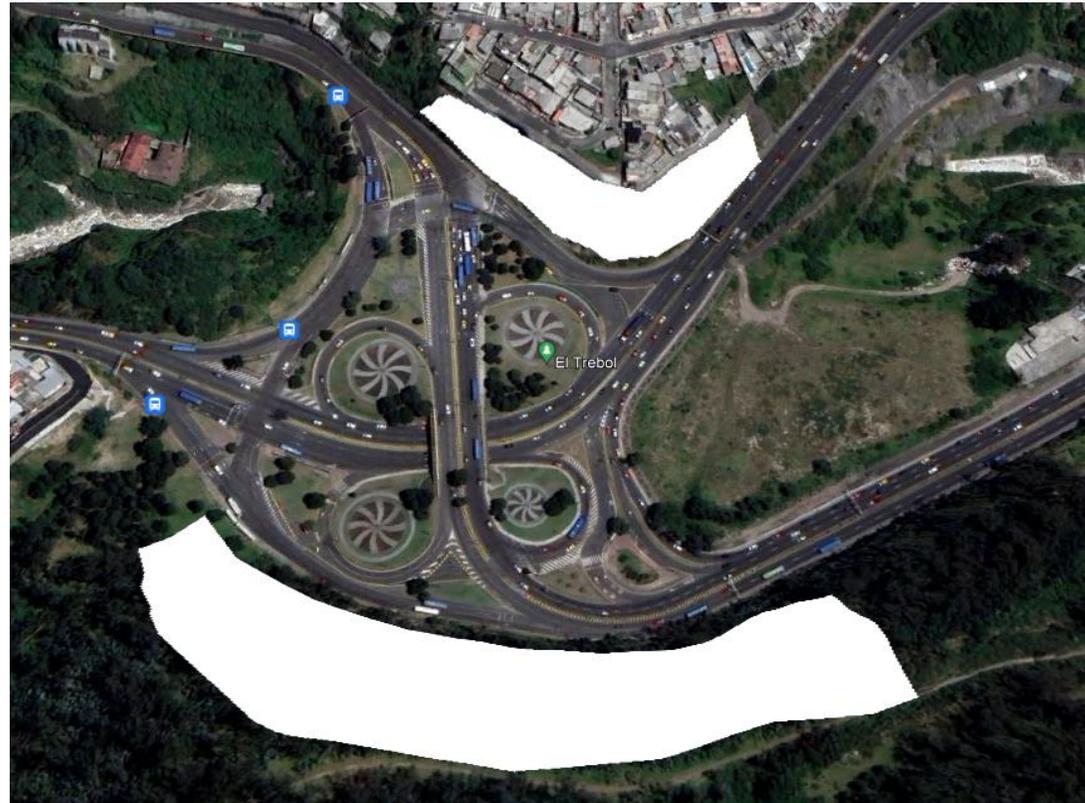
$$\text{Área} = 26347.27 \text{ m}^2$$



DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS

La membrana de recubrimiento se ubicará en los taludes aledaños a la zona de estudio. Se le levanto mediante Google Earth las zonas de taludes y el área en m^2 de cada una de estas.

Área = **30949 m²**



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Carrera de
Ingeniería Civil

DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS

Se tomó en cuenta una casa tipo con fachada de 200 m², debido a que la mayor parte de viviendas cercanas son edificaciones mayores a dos pisos, de esto se consideró solo las estructuras cercanas que, en un sondeo de edificaciones fotografiadas vía satelital del año 2022, nos da un total de 96 edificios cercanos.

Área = **18432.00 m²**



DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS

PROPUESTA DE DESCONTAMINACIÓN	UNIDAD DE DESCONTAMINANTE	CANTIDAD DE CONTAMINANTE
Pavimento fotocatalizador	m ²	26347.27
Pintura fotocatalítica	m ²	18432.00
Membrana de Bórax	m ²	30949.00



PRESUPUESTO REFERENCIAL DE RUBROS

Presupuesto referencial de pavimento fotocatalizador

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Frezado de asfalto antiguo	m2	26347.27	\$7.28	\$191,808.13
Desalojo de escombros en volqueta	m3	1976.05	\$0.90	\$1,778.44
Capa de rodadura de hormigón asfáltico de 7.5 cm	m2	25293.38	\$12.23	\$309,338.03
Trasporte de mezcla asfáltica	m3/km	1976.05	\$0.29	\$573.05
Dióxido de Titanio	m2	1053.89	\$0.48	\$505.87
			TOTAL	\$504,003.51



PRESUPUESTO REFERENCIAL DE RUBROS

Presupuesto referencial de pintura foto catalítica

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Pintura de caucho exterior	m ²	18432.00	\$3.60	\$66,355.20
Dióxido de Titanio	m ²	768.00	\$0.02	\$16.73
			TOTAL	\$66,371.93



PRESUPUESTO REFERENCIAL DE RUBROS

Presupuesto referencial de membrana de recubrimiento

PROPUESTA

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Limpieza manual del terreno	m ²	30949.00	\$ 1.19	\$ 36,829.31
Desalojo manual tierra escombros	m ³	12379.6	\$ 3.50	\$ 43,328.60
Desalojo Volqueta/ tierra escombros	m ³ . km	12379.6	\$ 0.90	\$ 11,141.64
Anhídrido polivinilo	m ²	30949	\$ 1.50	\$ 46,423.50
Bórax	m ²	30949	\$ 1.60	\$ 49,518.40
Concreteira a Diesel	semana	4	\$ 175.00	\$ 700.00
Bomba lanzadora de concreto 33 kw	semana	2	\$ 477.68	\$ 955.36
Maestro mayor	semana	1	\$ 199.92	\$ 199.92
Albañil	semana	4	\$ 180.32	\$ 721.28
Peón	semana	4	\$ 178.64	\$ 714.56
Limpieza de la obra	m ²	12379.6	\$ 1.19	\$ 14,731.72
Dióxido de Titanio	m ²	30949.00	\$ 0.01	\$ 7.49
			TOTAL	\$ 205,271.78



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Carrera de
Ingeniería Civil

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE RUBROS

Presupuesto referencial TOTAL

TÉCNICA DE PROTECCIÓN	COSTO TOTAL
PAVIMENTO	\$ 504,003.51
PINTURA	\$ 66,371.93
MEMBRANA DE RECUBRIMIENTO	\$ 205,271.78
TOTAL	\$ 775,647.23



COSTO DE ENFERMEDADES PULMONARES

DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD
Población del centro histórico año 2010	40587	Habitantes
Porcentaje de personas mayores a 60 años	9.18%	%
Población mayor a 60 años	3726	Habitantes
Costo de estudios para enfermedades respiratoria	400	Dólares
Costo total de estudios para enfermedades respiratorias	1490354.64	Dólares
Porcentaje estimado de positivos de cáncer de pulmón	5%	%
Población estimada de cáncer de pulmón	186	Habitantes
Costo mensual de cáncer de pulmón	1046.4	Dólares
Costo total mensual de cáncer de pulmón	194938.387	Dólares
Costo anual de cáncer de pulmón	2339260.64	Dólares
COSTO TOTAL ANUAL	3829615.28	Dólares



CONCLUSIONES

- En el sector existe un alto crecimiento vehicular, esto va a causar un aumento considerable en el tráfico, estancamientos y una baja en la velocidad de circulación, además, va a existir un aumento considerable en los contaminantes emitidos por los vehículos que transitan por el sector, por eso es necesario el tomar medidas de protección con obras que eviten el aumento de gases de efecto invernadero.
- La modelación en software como AIMSUN fue de mucha utilidad para diseñar, planificar y predecir el comportamiento vehicular, esta herramienta tiene un potencial muy grande en semaforización, distribución urbana y medidas de mitigación del tráfico provocado por evento que suceden dentro de una ciudad que pueden alterar la circulación vehicular.



CONCLUSIONES

- El sensor de contaminación diseñado detecto un aumento de los niveles de NO₂ en las paradas provocadas por los semáforos, especialmente al momento del arranque de los vehículos, que expulsan más contaminantes al momento de acelerar, este efecto empeora cuando existen buses que, por su gran tamaño y antigüedad, son los que más provocan la contaminación dentro del sector.
- El costo de un proyecto de reducción de los niveles de NO₂ dentro del sector, tendría un valor de 0.8 millones de dólares aproximadamente, con las propuestas presentadas en este estudio, este costo, aunque parezca alto, se sustenta con el costo que se tendría por las enfermedades pulmonares provocadas por la contaminación del sector a los ciudadanos que transitan por el sector, que en un año sería de un valor cercano a los 4 millones de dólares.



RECOMENDACIONES

- Tomar medidas para la mitigación de la contaminación como las propuestas en este estudio (óxido de titanio, pintura foto catalítica y geomembrana con bórax), en los sectores de mayor tráfico vehicular debido a que estas zonas tienen una alta concentración de contaminantes que son perjudiciales para la salud de los moradores y las personas que tienen que esperar en las paradas de buses.
- Realizar modelos computacionales del tráfico vehicular dentro de los municipios con el objetivo de encontrar alternativas al momento de realizar mantenimiento vial, mejorar los tiempos de semaforización y sobre todo generar orden vehicular dentro de la ciudad.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar equipos que realicen una medición constante de contaminantes en zonas de alto tráfico vehicular, donde también exista la movilidad de peatones, está en una medida de vital importancia que proporciona información en los lugares que requieran medidas de mitigación de los contaminantes.
- Generar un plan estratégico de ordenamiento para el transporte público, que es el principal responsable de los tiempos de demora altos dentro del sector, estos se detienen y se puede notar una elevada cantidad de vehículos que se detienen para recoger pasajeros, lo cual impide, en muchas ocasiones, el avance de los vehículos más livianos.



GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Carrera de
Ingeniería Civil



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR:

PABLO ALEJANDRO SANTANA
FLECHER

“DISEÑO DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO DRENANTE BASADO EN UN MATERIAL DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE DIÓXIDO DE TITANIO (TiO₂), APLICADO EN EL CORREDOR VIAL DE ALTO TRÁFICO, SECTOR EL TRÉBOL, CANTÓN QUITO”

TUTOR:

Ing. Byron Morales MSc.

Sangolquí, 2023

