



UNAP



FACULTAD DE AGRONOMÍA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

ZONIFICACIÓN ACÚSTICA DE LA CARRETERA IQUITOS - NAUTA

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR: NELSON DELMAR MEDINA DEL CARPIO
MARÍA CLAUDIA RAMOS RODRÍGUEZ**

ASESOR: Blgo. ROBERTO PEZO DÍAZ, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Con **Resolución Directoral N° 0898-2017-EPG-UNAP**, se autoriza la sustentación de la tesis: "ZONIFICACIÓN ACÚSTICA DE LA CARRETERA IQUITOS - NAUTA" designando como jurados a los siguientes profesionales:

Dr. Armando Vásquez Matute	Presidente
Dr. Rafael Chávez Vásquez	Miembro
MSc. Giorly Geovanni Machuca Espinar	Miembro

A los Trece días del mes de Noviembre del 2017, a horas 05:00 p.m., en el Auditorio de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, se constituyó el Jurado Evaluador y dictaminador, para presenciar y evaluar la sustentación de la tesis: "ZONIFICACIÓN ACÚSTICA DE LA CARRETERA IQUITOS - NAUTA" presentado por los egresados: **Nelson Delmar Medina Del Carpio y María Claudia Ramos Rodríguez**, como requisito para optar el Grado Académico de **Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental**, que otorga la UNAP de acuerdo a la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Después de haber escuchado la sustentación y luego de formuladas las preguntas, éstas fueron:

Abusos subjetivamente.

El Jurado, después de la deliberación correspondiente en privado, llegó a las siguientes conclusiones, la sustentación es:

1. Aprobado como: a) Excelente () b) Muy bueno (X), c) Bueno ()
2. Desaprobado: ()

Observaciones : *largos juicios en conclusiones*

A Continuación, el Presidente del Jurado, da por concluida la sustentación, siendo las *07:00* p.m. del Trece de Noviembre 2017; con lo cual, se le declara a los sustentantes *aptes* para recibir el Grado Académico de **Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental**.

Armando Vásquez Matute
Dr. Armando Vásquez Matute
Presidente

Rafael Chávez Vásquez
Dr. Rafael Chávez Vásquez
Miembro

Giorly Geovanni Machuca Espinar
MSc. Giorly Geovanni Machuca Espinar
Miembro

TESIS APROBADA EN SUSTENTACIÓN PÚBLICA DEL DÍA 13 DE NOVIEMBRE DE 2017; EN EL AUDITORIO DE LA ESCUELA DE POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA, EN LA CIUDAD DE IQUITOS-PERÚ.



.....

Ing. ARMANDO VÁSQUEZ MATUTE Dr.

PRESIDENTE



.....

Ing. RAFAEL CHÁVEZ VÁSQUEZ Dr.

MIEMBRO



.....

Ing. GIORLY GEOVANY MACHUCA ESPINAR MSc.

MIEMBRO



.....

Blgo. ROBERTO PEZO DÍAZ Dr.

ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y brindarme la salud necesaria para cumplir con mis objetivos; a mi madre Jesús María por su apoyo en todo momento y por sus consejos, valores y motivación constante; a mis hermanos Roberto, Jenny y Mónica por estar conmigo y apoyarme siempre; a mi hija Mitza por su amor permanente, cariño y comprensión y por ser el estímulo de mi superación.

(Nelson Medina)

A quienes impulsan el bienestar de un ambiente saludable, quienes tendrán en este proyecto una herramienta de gestión para mejorar la calidad de vida de los pobladores amazónicos. A mis padres Policarpo Ramos y María Rodríguez, a mi hija Mitza Medina, por ser el pilar para este avance en mi vida profesional, realizado con el afán de contribuir preventivamente la maximización de la contaminación acústica en la Región Loreto.

(Claudia Ramos)

AGRADECIMIENTO

- A nuestro asesor Dr. Roberto Pezo, por su valioso aporte y revisión al presente documento, cuyo resultado ha superado nuestras expectativas, representando un gran aporte a la sociedad Loreтана.
- A los catedráticos por compartir sus experiencias académicas, que con el pasar de los años se convirtieron en nuestro ejemplo a seguir.
- A los miembros del jurado, por su profesionalismo y por sus valorables sugerencias y críticas necesarias para la realización de este trabajo. Un especial agradecimiento por este privilegio.
- A nuestros compañeros de estudio, ya que con ellos convivimos gratas experiencias que fortalecieron nuestro avance académico
- A nuestros colegas: José y Nadia; quienes colaboraron en la recolección de la información para el desarrollo de la presente tesis. Muchas gracias por su disposición y apoyo.
- A nuestros familiares, quienes nos impulsaron en la ejecución del proyecto de tesis hacemos extensivo nuestros sinceros agradecimientos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA	i
CONTRA CARÁTULA	ii
ACTA DE SUSTENTACIÓN	iii
JURADO DICTAMINADOR Y CALIFICADOR	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1.ANTECEDENTES	3
1.2.BASES TEÓRICAS	6
1.3.DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	13
CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS	16
2.1.VARIABLES Y SU OPERACIONALIZACIÓN	16
2.1.1. Variables	16
2.1.2. Indicadores e Índices	16
2.2.FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	17
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	18
3.1.TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.1.1. Tipo de investigación	18
3.1.2. Diseño de la investigación	18
3.2.POBLACIÓN Y MUESTRA	19
3.3.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	19
3.4.PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	19
3.4.1. Metodología Utilizada	19
3.4.2. Medición del Ruido	20
3.4.3. Tiempos de Medición	20
3.4.4. Tramos de Medición	22
3.4.5. Medición de la Intensidad del Tránsito Vehicular	23
3.4.6. Medición de Condiciones Meteorológicas	24
3.4.7. Mapa de Ruido	24

3.4.8. Instrumentación Utilizada	25
3.5.TÉCNICAS DE PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS	26
3.6.ASPECTOS ÉTICOS	28
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	29
4.1.NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL EN CARRETERA IQUITOS - NAUTA	29
4.2.NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL E INTENSIDAD DEL TRÁNSITO	34
4.3.NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL Y CONDICIONES METEOROLÓGICAS	38
4.4.ZONAS CRÍTICAS DE CONTAMINACIÓN SONORA	40
4.5.MAPA DE ZONIFICACIÓN ACÚSTICA	46
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	47
5.1.NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL EN CARRETERA IQUITOS - NAUTA	47
5.2.NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL E INTENSIDAD DEL TRÁNSITO	48
5.3.NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL Y CONDICIONES METEOROLÓGICAS	50
5.4.ZONAS CRÍTICAS DE CONTAMINACIÓN SONORA	50
5.5.MAPA DE ZONIFICACIÓN ACÚSTICA	52
CAPÍTULO VI: PROPUESTA	54
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES	60
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES	61
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXO	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Estadística descriptiva y valores comparativos mediante análisis de Kruskal Wallis para cada distancia de medición – horario diurno	29	29
Tabla 2:	Estadística descriptiva y valores comparativos mediante análisis de Kruskal Wallis para cada distancia de medición – horario nocturno	32	32
Tabla 3:	Intensidad de flujo vehicular para cada punto de monitoreo ubicados en el tramo de la carretera Iquitos - Nauta	36	36
Tabla 4:	Varianza acumulativa del Análisis de Componentes Principales	39	39
Tabla 5:	Principales indicadores descriptivos de ruido sobre transporte urbano	41	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Box Plot con niveles de ruido diurno para cada punto de monitoreo ubicados a una distancia de 01 metro al borde de la carretera	30	30
Gráfico 2: Box Plot con niveles de ruido diurno para cada punto de monitoreo ubicados a una distancia de 03 metros antes de la primera fachada	31	31
Gráfico 3: Box Plot con niveles de ruido nocturno para cada punto de monitoreo ubicados a una distancia de 01 metro al borde de la carretera	33	33
Gráfico 4: Box Plot con niveles de ruido nocturno para cada punto de monitoreo ubicados a una distancia de 03 metros antes de la primera fachada	33	33
Gráfico 5: Niveles de ruido producido por los principales vehículos que transitan por la carretera Iquitos - Nauta	34	34
Gráfico 6: Niveles de ruido producido por los principales vehículos que transitan por la carretera Iquitos - Nauta	35	35
Gráfico 7: Box Plot con niveles de flujo vehicular para cada punto de monitoreo ubicados en el tramo de la carretera Iquitos - Nauta	37	37
Gráfico 8: Diagrama de dispersión de los niveles de ruido y la intensidad del flujo vehicular.	37	37
Gráfico 9: Box Plot con niveles de flujo vehicular, según horario de medición	38	38
Gráfico 10: Análisis de componentes principales para las variables meteorológicas y los niveles de ruido	40	40
Gráfico 11: Nivel continuo equivalente día para cada punto de monitoreo ubicados en el tramo de la carretera Iquitos - Nauta	42	42
Gráfico 12: Nivel continuo equivalente noche para cada punto de monitoreo ubicados en el tramo de la carretera Iquitos - Nauta	42	44
Gráfico 13: Nivel de ruido diurno registrado a 50 metros del borde de la carretera, considerando la ubicación de las zonas de protección especial	44	44

Gráfico 14: Nivel de ruido diurno registrado a 100 metros del borde de la carretera, considerando la ubicación de las zonas de protección especial	44
Gráfico 15: Nivel de ruido nocturno registrado a 50 metros del borde de la carretera, considerando la ubicación de las zonas de protección especial	45
Gráfico 16: Nivel de ruido nocturno registrado a 100 metros del borde de la carretera, considerando la ubicación de las zonas de protección especial	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Onda Sinusoidal	07
Ilustración 2: Escala comparativa entre Nivel de presión sonora en Pascales y Nivel de presión sonora en Decibelios.	08
Ilustración 3: Curvas de Ponderación: A, B y C	09

RESUMEN

Durante el periodo de marzo a agosto de 2016 se realizó el estudio de la zonificación acústica de la carretera Iquitos-Nauta, para ello evaluamos 19 puntos ubicados en el tramo de la Carretera Iquitos Nauta, con el propósito de encontrar zonas críticas de contaminación acústica. Las mediciones se realizaron en un periodo de 24 horas (periodo diurno y nocturno) en cada punto de evaluación se tuvo como indicador el nivel de presión sonora equivalente (LAeq) según lo establecido en el DS N° 085-2003-PCM. También se realizaron mediciones de la intensidad de flujo vehicular y las condiciones meteorológicas. Entre los resultados se obtuvo un nivel de ruido promedio de 58.75 dB(A) en el periodo diurno y 51.48 dB(A) en el periodo nocturno, obteniendo registros mínimos de 42.47 dB(A) hasta 92.15 dB(A); además se registró mayor flujo vehicular en los primeros 20 kilómetros desde la ciudad de Iquitos y el Km 92 en Nauta, superando los valores límites establecidos en el DS N° 085-2003-PCM. Las condiciones meteorológicas y los valores de ruido no presentaron correlación positiva, sin embargo, se evidenció una fuerte correlación entre el flujo vehicular y niveles de ruido ($R_s = 0.90$). Se identificaron un total de 21 zonas de protección especial con niveles que superan los límites establecido por la Estado en donde se deberá tomar medidas importantes para su mitigación. Al final del estudio se presentan 03 mapas de ruido, considerando los indicadores: L_d , L_n y L_{dn} .

Palabras claves. Contaminación acústica, DS N° 085-2003-PCM, Flujo vehicular, Ruido ambiental,

ABSTRACT

During the period from March to August 2016, the study of the acoustic zoning of the Iquitos-Nauta highway was carried out, for this we evaluated 19 points located in the section of the Iquitos Nauta Highway, with the purpose of finding critical areas of noise pollution. The measurements were made in a 24 hour period (day and night period) at each evaluation point, the equivalent sound pressure level (LAeq) was indicated as established in DS N° 085-2003-PCM. Measurements of vehicular flow intensity and weather conditions were also made. Among the results, an average noise level of 58.75 dB (A) in the day period and 51.48 dB (A) in the night period was obtained, obtaining minimum records of 42.47 dB (A) up to 92.15 dB (A); In addition, there was greater vehicular flow in the first 20 kilometers from the city of Iquitos and Km 92 in Nauta, exceeding the limit values established in DS N ° 085-2003-PCM. Meteorological conditions and noise values did not show a positive correlation, however, a strong correlation between vehicular flow and noise levels ($R_s = 0.90$) was evident. A total of 21 special protection zones were identified with levels that exceed the limits established by the State where important measures must be taken to mitigate them. At the end of the study, 03 noise maps are presented, considering the indicators: L_d , L_n and L_{dn} .

Key words: Environmental noise, DS N° 085-2003-PCM, Noise pollution, Vehicle flow,

INTRODUCCIÓN

El tránsito motorizado constituye una actividad necesaria para el desarrollo en una sociedad, influyendo en sus aspectos culturales y económicos. El transporte es necesario para las actividades diarias de las personas; en este sentido, el crecimiento del tránsito motorizado suele ser utilizado como un indicador del desarrollo socioeconómico de un país, donde este crecimiento suele ir acompañado de la expansión de las unidades vehiculares, lo cual incita a un incremento del tráfico vehicular (Paniagua, et al. 2007). Lamentablemente este desarrollo conlleva un sustancial número de impactos ambientales, donde es necesario implementar medidas de mitigación estratégica (Arroyave, 2006).

Entre uno de los impactos generados por el tráfico vehicular en la ciudad de Iquitos es la contaminación acústica, el mismo que tiene como principal fuente de emisión a los vehículos motorizados, razón por la cual, mediante diversas actividades, se han tratado de impulsar medidas de lucha contra el ruido; sin embargo, no se ha conseguido una reducción permanente del mismo, pero se ha logrado avanzar en el aspecto legal, a través del Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, aprobado mediante Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, en el Artículo 4.- De los Estándares Primarios de Calidad Ambiental para Ruido, se establece que los niveles máximos de ruido en el ambiente no deben excederse para proteger la salud de las personas. Para ello se realizan medidas con el parámetro de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (L_{AeqT}), estableciendo zonas de aplicación y horarios específicos, como se describe seguidamente:

Zonas de Aplicación	Valores Expresados En L_{AeqT}	
	Horario Diurno	Horario Nocturno
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Fuente: Decreto Supremo N° 085-2003-PCM

Por otro lado, se puede mencionar que la carretera que une las ciudades de Iquitos y Nauta, se realizan actividades productivas (piscícolas, ganaderas, agroforestales, avícolas, entre otras), además de albergar al parque zoológico

(Quistococha), un área de protección nacional (Reserva Nacional Allpahuayo Mishana - RNAM) y diversas comunidades, que lo convierte en una zona de importancia para el desarrollo de ambas ciudades; sin embargo, este desarrollo trae consigo un incremento de la circulación intensiva de vehículos en la carretera Iquitos Nauta, lo cual estaría afectando diversas zonas de aplicación establecidas en el DS N° 085-2003-PCM.

Es por ello, la importancia de realizar una evaluación acústica de la carretera Iquitos - Nauta, a través de una zonificación de los niveles de ruido ambiental, destacando puntos críticos de contaminación acústicas que sobrepasen los límites establecidos por el DS N° 085-2003-PCM. Esta investigación, revelará la situación actual de los niveles de ruido y su compatibilidad con las diferentes actividades que se realizan en esta zona, los mismos que servirán como referencia para diseñar estrategias que eviten, mitiguen y compensen estos impactos generados por el ruido.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

Colorado (2011), hace referencia que la sociedad está generando cada día más conciencia de las implicancias del ruido, ya que se ha convertido en un contaminante con crecientes casos de implicancias en la salud. Ante ello la implementación de medidas de mitigación como barreras acústicas instaladas en las vías peatonales, cercos a las pistas resultan eficaces para la disminución de efectos adversos en los transeúntes y personas al volante.

Vásquez & Barnett (2011), indican que en sociedades con poblaciones entre 10 a 50 mil hab. padecen de contaminación acústica. El nivel de ruido en la Ciudad de Iquitos varía desde 72,5 (bocina de vehículo particular) hasta 120 decibeles (aterrizaje y decolaje de aviones).

Gonzales et al. (2010), reportan que el agente principal de contaminación acústica en el tránsito motorizado y la creciente expansión demográfica implica el aumento de esta contaminación, convirtiéndose en un problema creciente que requiere medidas mitigantes inmediatas.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009), hacen referencia que uno de los agentes contaminantes más inofensivos y con efecto pasivo es el ruido. En los diferentes ámbitos sociales, tanto rurales como urbanos, el ruido interfiere en el desarrollo cognitivo, afecta la atención, la concentración, entre otras afecciones como la auditiva.

Srivastava (2010), menciona que el proceso de urbanización es un fenómeno mundial, a medida que aumenta el proceso de urbanización, también aumenta el crecimiento de la población en el país, por consiguiente, existe un mayor flujo vehicular cada vez es inevitable el incremento de mayor número de vehículos que circulan a velocidades variables en una determinada red de carreteras cada vez más larga. Con el aumento de las unidades vehiculares para el transporte, también disminuye la calidad ambiental en el país.

Paniagua et al. (2007), sostienen que el ruido varía de manera significativa de acuerdo a las condiciones geométricas de la carretera en estudio, por tanto el número de carriles, el tipo de pavimento, pendiente, estado de deterioro de la carretera y el flujo vehicular son factores influyen en la emisión y propagación del ruido que en el caso de los automóviles es producido por el contacto entre la llanta y el pavimento mientras que en los autobuses y camiones el ruido que producen según el funcionamiento de las partes mecánicas motor, transmisión, escape, etc. Los autores mencionan que la distancia a la que puede llegar el ruido varía con distintos factores ambientales como la composición de la vegetación en los lados de las carreteras, los tipos de hábitats adyacentes, el relieve y el viento.

Arroyave (2006) Menciona que el análisis de estudios de impacto ambiental en carreteras en Colombia, Antioquia estudió los efectos que tiene la habilitación de carreteras en la fauna silvestres a través de casos como atropellamientos, aislamientos poblacionales, así como alteraciones de patrones reproductivos, ocasionando en todos los casos disminuciones poblacionales de fauna.

Segistán et al. (2006), mencionan que uno de los contaminantes más comunes es el ruido y que puede definirse como un sonido que causa perturbación y molestia, generalmente los niveles superiores a 70 dB son los considerados como dañinos para las personas.

Martínez (2005), señala que las sociedades urbanas tienen diversos tipos de transporte terrestre, entre ellos camiones livianos y pesados. Según el tipo de transporte y velocidad aplicada se genera menor o mayor cantidad de dB emitidos generando en algunos casos mayor contaminación. En vehículos livianos una velocidad de 50 k/h podría generar 62 dB(A), mientras que en vehículos medianos 73 dB(A) y en vehículos pesados 89 dB(A), siendo esta última unidad de transporte la que aportaría mayor contaminación acústica en medios urbanos.

Miyara (2005), indica que el ruido tiene una relación directa con el flujo vehicular, es decir a mayor intensidad de vehículos transitando, mayor generación de ruido, esto sucede hasta que el momento de saturación vehicular, donde el ruido disminuye por la dificultad del tránsito vehicular.

Valdebenito (2004), asegura que los vehículos dependiendo de sus características difieren en comportamiento acústico, los vehículos pesados son generalmente más ruidosos que los vehículos livianos. La principal diferencia entre estas dos clases de vehículos es que en su mayoría los pesados son Diesel y los livianos son a Gasolina.

Yoza et al. (2004), sostienen que existe una herramienta de gran utilidad para graficar la situación ambiental del ruido en las urbes, esto son los mapas de ruido, que no es más que la representación de los dB(A) en diversos puntos de interés, asignando en un rango de colores según los valores obtenidos en campo.

Quezada (2002), menciona que la tendencia de la creciente poblacional de Chile al concentrarse en centros urbanos, junto con el crecimiento exponencial de las ciudades, es importante considerar dentro de las variables de decisión para una zonificación territorial, el ruido, puesto que es el momento en que se define la utilización del suelo para las diferentes actividades consideradas y en el cual se pueden minimizar con mayor efectividad las incompatibilidades de usos y actividades implementadas en el área de interés.

Pueyo et al. (2000), mencionan en un estudio de dispersión y disminución del ruido generado por transportes en el ámbito geográfico correspondiente al área de Bilbao y Municipios de su entorno, que la representación gráfica y evaluación del ruido generado por las infraestructuras del transporte a través de un Sistema de Información Geográfica IDRISI, permite de forma sencilla la localización del impacto sobre el territorio.

Forman & Alexander (1998), mencionan que el aumento demográfico permite la adquisición de vías de transporte para satisfacer la necesidad que

cubran la demanda, en el caso de carreteras, el tráfico vehicular tiende a interferir en la fauna silvestre a través de atropellamientos, pero además la alteración y el impacto de la carretera permite que especies cambien sus actividades de reproducción, ocasionando posibles extinciones locales.

CONAMA (1997), afirma que existen diversos factores de generación de ruido, que en su mayoría se responsabilizan al tráfico e industrias, pero se está dejando de lado a una masiva población generadora de ruido, “las personas” que a diario realizan actividades que generan ruido, principalmente los fines de semana.

Falch et al. (1997), señalan que algunos parámetros físicos influyen en los niveles de ruido cuando la fuente y el receptor exceden los 30 m, por ejemplo, en favor del viento, el nivel del ruido se incrementa, así también sucede a la inversa, en contra del viento el nivel del ruido se reduce. El sonido tiende a absorberse según los niveles de humedad y temperatura, la absorción se incrementa en frecuencias altas, y disminuye cuando la humedad es alta.

1.2. BASES TEÓRICAS

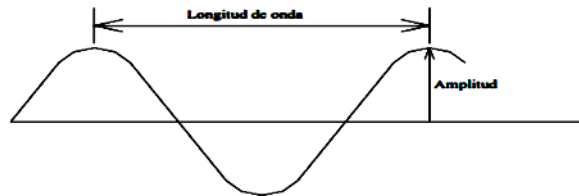
Análisis del Sonido

La acústica se define como una rama de la física que se encarga del estudio del sonido. El sonido se representa como la variación de presión producida en un medio ya sea en estado sólido, líquido o también gaseoso, por un mecanismo que expone vibración capaz de ser diferenciado por el oído humano.

En tanto el ruido se representa como un conjunto de sonidos que generan molestia, que no resultan armónicos al detectarlos. Según las definiciones, el ruido es un sonido molesto y desagradable para las personas, y que ha sido profundamente estudiado por la física y la psicológica. Los especialistas están convencidos que *las medidas de mitigación para la reducción de ruido son las mismas evaluadas para el sonido.*

Los cambios de presión sonora más simples generan una onda sinusoidal, tal como se puede visualizar en la siguiente ilustración:

Ilustración 1: Onda Sinusoidal



La ilustración 1, de la onda sinusoidal presenta ciertas características que lo diferencian, entre ellos:

Velocidad del sonido (c): Cuando el sonido se trasciende desde una generación de ondas en un medio sólido, líquido o gaseoso; por ejemplo, cuando el nivel del mar se encuentra a 20°C, la velocidad de propagación del sonido puede ser 340 m/s.

Longitud de Onda (λ): Se refiere a las distancias entre las crestas, los picos más altos en una onda sinusoidal. En su cálculo interviene la frecuencia mediante la siguiente formula: $\lambda=c/f$.

Periodo (P): No es más que el tiempo existente entre dos crestas sucesivas. En su cálculo interviene la frecuencia mediante la siguiente formula: $P= 1/f$.

El Nivel o Amplitud (A): mide los cambios de amplitudes de onda, tiene como unidad el dB(decibelio), al cual te incorpora una magnitud referencial, que es la mínima presión audible por el hombre, su medición se realiza con la siguiente formula:

$$dB = 20\log \frac{P}{P_0} = 10\log \frac{W}{W_0}$$

$$P_0 = 20 \mu\text{Nw/m}^2 = 20 \mu\text{Pa. (Presión)}$$

$$W_0 = 10^{-12} \text{ vatios (Potencia)}$$

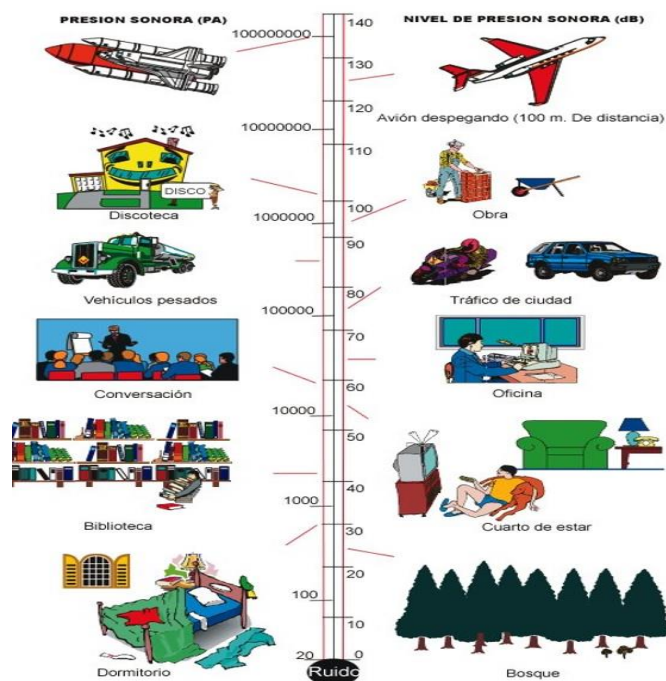
Así también tenemos Nivel de potencia sonora (L_w), que viene a ser la potencia sonora de una fuente expresada en vatios, convertida a escala logarítmica y expresada en dBm a través de la siguiente fórmula:

$$L_w = 10 \log_{10} (W/W_0) \text{ dB}$$

Así también se diferencia el Nivel de presión sonora (L_p), como referencia a la presión, que al transformarlo en escala logarítmica obtiene la unidad de decibelios, tal como se observa en la siguiente formula.

En tanto la diferencia de escalas entre ambas unidades se presenta en la siguiente ilustración.

Ilustración 2: $L_p = 20 \log_{10} (P/P_0) \text{ dB}$ Escala comparativa entre Nivel de presión sonora en Pascales y Nivel de presión sonora en Decibelios.

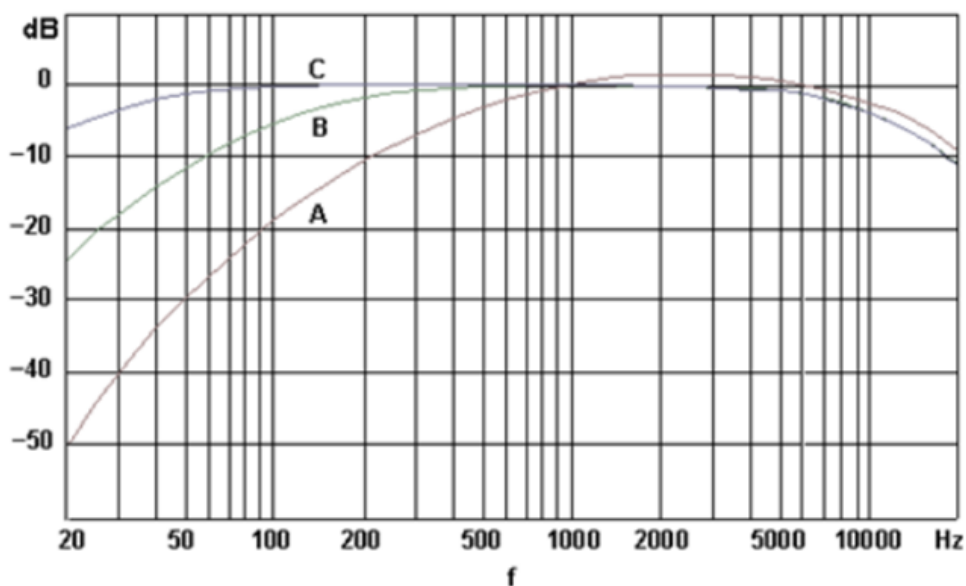


Ponderación

Distinguimos tres tipos de ponderación con relación a la frecuencia, entre ellos tenemos un tipo A (40 dB) que corresponde a sonidos de nivel bajo, B (70 dB) que corresponde a sonidos de nivel medio y C (100 dB) que corresponde a sonidos de un nivel elevado, tal como figura en la Ilustración 3. En tanto, cuando se realiza un análisis de la medición con ponderación A, se expresa con la siguiente unidad de medida: dBA o dB(A), ambas expresiones son correctas, de la misma manera funciona con las ponderaciones B y C.

En el presente estudio de investigación, hemos realizado el monitoreo del ruido ambiental a través del tipo de ponderación A, debido a que esta es la de menor frecuencia y de cierta forma protege al hombre contra el sonido molesto de frecuencias más altas, además este tipo de frecuencia es comparable con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) vigente.

Ilustración 3: Curvas de Ponderación: A, B y C



Suma de Decibelios

El decibelio (dB), presenta medidas cuyas unidades mínimas pueden representar cambios considerables. La equivalencia de dos sonidos, no es la suma de ellas, más bien es el incremento de una proporción mínima, tal como ocurre cuando tuvimos dos sonidos de 30 dB cada uno, el equivalente de estas dos medidas resulta 33 dB, y no 60 dB. La suma de dB se expresa en la siguiente fórmula:

$$dB_T = 10 \log \sum 10^{dB_i/10} \quad \text{dB}$$

Parámetros Estándares sobre el Ruido

Entre los parámetros estándares de ruido se deben cumplir requisitos tales como:

- ✓ Los valores deben ser equivalentes con la percepción del ruido.
- ✓ Deben ser medibles y predecibles.
- ✓ De fácil aplicación y entendimiento para cualquier fuente de ruido.

En la presente investigación se propone un conjunto diferente de parámetros para la evaluación del ruido, tales como:

Nivel de presión sonora continuo equivalente (Leq):

Es la representación del ruido medido que tiene la capacidad de afectar el sistema auditivo de las personas. Este parámetro es comparable ante diversos tipos de intensidad de ruido. El Leq(A) es el parámetro que debe ser aplicado para comparación con la norma ambiental (ECA Ruido).

$$L_{AeqT} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right]$$

Dónde: L= Nivel de presión sonora ponderado “A” instantáneo o en un tiempo T de la muestra i, medido en función “Slow”, n= Cantidad de mediciones en la muestra i.

Las medidas de presión sonora varían de acuerdo a algunos parámetros que intervienen en la fuente de sonido como las condiciones meteorológicas, distancia de fuente y el equipo de captación de sonido, el intervalo de tiempo de medición, la hora de medición.

Nivel de presión sonora máxima (L_{max}): Es la expresión máxima del Nivel de Presión Sonora (NPS) registrado durante un periodo de medición determinado.

Nivel de presión sonora mínima (L_{min}): Es la expresión mínima Nivel de Presión Sonora (NPS) registrado durante un periodo de medición determinado.

Indicadores Descriptivos de Ruido Sobre Transporte Urbano

Índice de Ruido de Tránsito (TNI): Es un indicador que considera los parámetros que genera perturbación y molestia, que en varios casos tienen relación con el ruido, fue así que se propuso el **TNI** (Traffic Noise Index), expresado por la siguiente fórmula:

$$\text{TNI} = 4 (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$$

Dónde: TNI: Índice de ruido de tránsito, **L₁₀:** conocido como pico de ruido, **L₉₀:** representa el ruido de fondo, y la diferencia **L₁₀ – L₉₀** es denominado como el clima de ruido.

Nivel de Contaminación por Ruido (NPL): Se estableció debido a que, a mayores fluctuaciones en el nivel sonoro, mayor era la molestia percibida por las personas, por ello se buscó obtener un indicador que combine estos dos factores: el nivel equivalente y la desviación estándar de las muestras en el mismo periodo, siendo el **NPL** (Noise Pollution Level) expresado en la siguiente fórmula:

$$\mathbf{NPL} = \mathbf{Leq} + k\sigma$$

Dónde: **NPL:** Nivel de contaminación por ruido, **Leq=** energía media del nivel sonoro dentro de un periodo de tiempo dado, representado como $Leq(A)$, **k=** constante que se establece como un valor igual a 2.56 y **σ=** desviación estándar.

Nivel Equivalente Máximo (NEM): Aplicado a sucesos sonoros individuales. El valor **Lmax(A)** debe medirse con la constante de tiempo rápida (Fast), de esta forma se obtiene una adecuada correlación con la sensación sonora percibida por el hombre. Para sonidos impulsivos de duración extremadamente cortas, debería aplicarse la constante de tiempo impulsiva con el filtro de ponderación C.

Nivel Equivalente Día-Noche (Ldn): El **Ldn** es un indicador que nos ayuda a calcular el nivel de ruido durante 24 horas, entonces aquí ocurre algo interesante en el horario nocturno, donde los niveles sonoros disminuyen, pero la importancia relativa aumenta. En el presente estudio se utilizó un periodo de 9 horas (22:01 a 07:00 horas) para el periodo noche (L_n) y un periodo de 15 horas (07:01 a 22:00 horas) para el periodo día (L_d). Al periodo noche se le sumó 10dB y luego se promedió con el $Leq(A)$ del día, representado por la siguiente fórmula:

$$L_{dn} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{24} \left(16 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n + 10}{10}} \right) \right]$$

Nivel Equivalente Día (Ld): Este parámetro permite calcular el nivel equivalente del ruido en el día, esta media es de aplicación europea y norteamericana. La L_d no es más que el $Leq(A)$ medido durante 15 horas del día.

$$\mathbf{Ld} = \mathbf{Leq(A)} - (07:01 \text{ a } 22:00 \text{ horas})$$

Nivel Equivalente Noche (Ln): En tanto, este parámetro permite calcular el nivel equivalente del ruido en la noche. La L_n , no es más que el $Leq(A)$

medido durante las 09 horas de la noche, sin considerar el incremento de 10dB.

$$L_n = L_{eq}(A) - (22:01 \text{ a } 07:00 \text{ horas})$$

1.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Acústica: Es aquella energía mecánica que genera sonidos de diversos tipos, como infrasonidos, ultrasonidos, vibraciones, entre otros, que pueden resultar o no agradables, armónicos o molestos ante la percepción del hombre.

Barreras Acústicas: Son medidas mitigantes para contrarrestar los efectos del ruido en la salud de las personas. Pueden estar elaborados de diversos materiales como vidrio, aluminio, madera, e incluso por seres vivos como plantas con características especiales dispuestos entre la fuente emisora y el receptor para atenuar la propagación del ruido.

Contaminación Sonora: Espacio donde las emisiones de ruido generan impactos negativos a la salud de las personas.

Decibel (Db): Unidad de medida logarítmica, que expresa la razón en una cantidad referencial y una cantidad medida. Se aplica para expresar medidas de potencia, presión e intensidad sonora.

Decibel A (DbA): Unidad de medida logarítmica de presión sonora calculada con ponderación A.

Emisión: Proceso en el cual existe un nivel de presión sonora originada por una fuente emisora.

Estándares Primarios de Calidad Ambiental Para Ruido: Son las categorías establecidas sobre los niveles de ruido en función a las afectaciones de la salud humana. El nivel de presión sonora continúa considerado para este fin es el equivalente a la ponderación A.

Fuente de emisiones sonoras: Toda fuente que genere sonido, sea producto de actividades, procesos mecánicos, operaciones de equipos, maquinarias, entre otros, cuyas emisiones repercuten al medio ambiente.

Horario Diurno: Un rango de horario que comprende entre las 07:01 hasta las 22:00 horas.

Horario Nocturno: Un rango de horario que comprende entre las 22:01 hasta las 07:00 horas.

Índice de ruido de tráfico (IRT, TNI): Este índice permite realizar un cálculo de correlación entre niveles de presión sonora registrados y la respuesta subjetiva que captan las personas con fuente receptora.

Inmisión: Es la percepción de ruido que tiene el receptor en un lugar diferente a la fuente emisora, calculada con el nivel de presión sonora de ponderación A.

Nivel de contaminación de ruido (NCR, Lnp): Considera las fluctuaciones de tiempo con relación al incremento de las fluctuaciones del ruido, calculado a partir del nivel de presión sonora equivalente (A).

Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente Con Ponderación A (LAeqT): Expresado como el nivel de presión sonora continuo en ponderación A, que en el mismo intervalo de tiempo (T), contiene la misma energía total que el sonido medido.

Nivel de presión sonora máximo (NPS MÁX): Es el NPS más elevado que se ha obtenido durante el período de medición.

Ruido: Es un sonido que genera perturbación, molesta y que afecta la salud de las personas

Ruidos en Ambiente Exterior: Ambiente fuera del espacio de la fuente emisora que disipa un sonido molesto y perturbador.

Sonido: Son ondas de presión transmitidas por un medio sólido, líquido o gaseoso y que puede ser percibida por un receptor

Zona Comercial: Es una categoría establecida en los estándares de calidad ambiental de ruido, que comprende áreas con actividades comerciales, cuyos valores de L_{AeqT} en horario diurno no deben sobrepasar los 70 dB, mientras que en horario nocturno no se deben sobrepasar los 60 dB.

Zonas Críticas de Contaminación Sonora: Son zonas de alerta roja, donde el nivel de presión sonora continuo es equivalente de 80 dBA.

Zona Industrial: Es una categoría establecida en los estándares de calidad ambiental de ruido, que comprende áreas con actividades industriales cuyos valores de L_{AeqT} en horario diurno no deben sobrepasar los 80 dB, mientras que en horario nocturno no se deben sobrepasar los 70 dB.

Zonas Mixtas: Son áreas en las que se pueden encontrar de dos a más zonas de aplicación de estándares nacionales de calidad ambiental de ruidos, por ejemplo: Residencial - Comercial, Comercial - industrial o Residencial - Comercial – Industrial, entre otros.

Zona de Protección Especial: Son áreas de alta sensibilidad acústica, que necesitan de una especial protección contra el ruido, entre ellos tenemos los establecimientos de salud, centros educativos, asilos, orfanatos.

Zona Residencial: son áreas categorizadas como aptas viviendas o residencias, en esta categoría los valores expresados en L_{AeqT} en horario diurno no deben sobrepasar los 60 dB, mientras que en horario nocturno no debe superar los 50 dB.

CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS

2.1. VARIABLES Y SU OPERACIONALIZACIÓN

2.1.1. Variables

Variable Dependiente

- Niveles de ruido ambiental.

Variables Independientes

- Distancia de la carretera.
- Intensidad de tránsito vehicular.
- Condiciones meteorológicas (dirección y velocidad del viento, temperatura y humedad).

2.1.2. Indicadores e Índices

Variables	Indicadores	Índices
Niveles de ruido ambiental	Cantidad de decibelios	Decibeles (dB)
Distancia de la carretera	Distancia de carretera hacia la ciudad más cercana	Kilómetros (Km)
Intensidad de tránsito vehicular	Número de vehículos por unidad de tiempo	Vehículos / hora
Condiciones meteorológicas	Dirección y velocidad del viento.	E, W, N, S / m/s
	Datos de temperatura	°C
	Datos de humedad relativa	%

2.2. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Con la finalidad de evaluar la efectividad y optimizar la metodología propuesta se han establecido la siguiente hipótesis:

- Altos niveles de ruido ambiental están asociados a distancias cercanas a la ciudad de Iquitos y/o Nauta.
- Altos niveles de ruido ambiental están asociados a mayor intensidad (flujo) de tránsito vehicular.

Consideramos que el ruido ambiental de la carretera Iquitos Nauta tiene relación con algunos parámetros de condiciones climáticas como: dirección y velocidad del viento, temperatura y humedad. Se asume que a favor de viento mayor es el nivel de ruido, a mayor temperatura, mayor nivel de ruido, a mayor humedad relativa, menor nivel de ruido.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

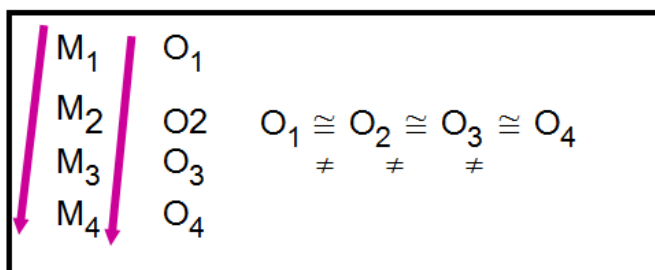
3.1.1. Tipo de investigación

No experimental, porque el presente estudio de investigación se fundamenta en la observación y obtención de muestras de ruido ambiental, sin intervenir o manipular las variables.

De acuerdo al enfoque propuesto corresponde a una **Investigación Holística**, en este tipo de investigación intervienen variables cuantitativas y cualitativas, La variable dependiente corresponde a una variable cuantitativa continua y una de las variables independientes corresponde a una variable cualitativa tipo nominal (dirección del viento).

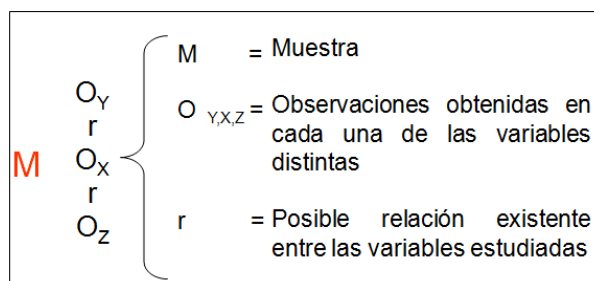
3.1.2. Diseño de la investigación

Descriptivo comparativo, donde se colecto información del ruido ambiental con varias replicas en diferentes puntos estratégicos ya designados en el método. Una representación gráfica de este tipo de método se observa seguidamente.



Donde: M_1, M_2, M_3, M_4 ; simbolizan las muestras (puntos de monitoreo). Mientras que O_1, O_2, O_3, O_4 , forman parte de las observaciones colectadas en cada una de dichas muestras (niveles de ruido ambiental). Al lado derecho se muestra las comparaciones entre las muestras

Correlacional; Con este método pudimos determinar la existencia de relación entre dos o más variables. Se podría representar gráficamente de la siguiente manera.



3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: La población estuvo conformado por todos los puntos de monitoreo evaluados y distribuidos entre los 97 Km de recorrido de la carretera Iquitos a Nauta.

Muestra: La muestra estuvo constituida por 18 puntos de monitoreo seleccionados de forma sistemática.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

La técnica utilizada, es la observación directa del fenómeno percibido (ruido ambiental o ruido del tráfico), utilizando un sonómetro Tipo 2, EXTECH modelo 407780.

Las muestras se obtendrán directamente del fenómeno percibido (ruido ambiental o ruido del tráfico), utilizando como instrumento el registro de colecta de datos (Anexo 4), para luego ser transferidos a una base de datos procesados en Microsoft Office Excel.

3.4. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Metodología aplicada

Considerando que el sonido emitido en espacios libres es fluctuante y que además procede de diversas fuentes dificultan

la precisión de la información en el área de evaluación; para ello aplicamos la Geoestadística como instrumento de gestionar valores destacables de los niveles de ruido con la finalidad de realizar estimaciones, predicciones y simulaciones del comportamiento de esta variable.

3.4.2. Medición del Ruido

Se realizaron las mediciones de ruido con el Nivel de Presión Sonora (NPS), en unidades de decibeles (dB) con ponderación A y modo Fast. Las mediciones se realizaron a una altura promedio de 1.5 m, siendo un método propuesto y efectivo de **Paniagua et al.** (2007), el micrófono estuvo protegido con pantalla anti-viento, así como correctamente calibrado antes de las mediciones, según lo establecido por la NORMA ISO 1996-1 (2003).

La unidad de medida estuvo constituida por el valor Leq,T : que es el nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, y que en el mismo intervalo de tiempo (T), contiene la misma energía total que el sonido medido, (Decreto Supremo. N° 085-2003-PCM); así mismo, se consideraron los valores de Nivel de Presión Sonora Máximo (LMax) y Nivel de Presión Sonora Mínimo (LMin).

3.4.3. Tiempos de Medición

El Nivel de Presión Sonora (NPS) fueron medidas, tanto en horario diurno (desde las 07:01 hasta las 22:00 horas) y nocturno (desde las 22:01 hasta las 7:00 horas); de acuerdo con lo establecido en el Decreto Supremo. N° 085-2003-PCM.

Considerando que existen horas de mayor producción de ruido (horas punta), las evaluaciones se realizaron por períodos de 180min por cada tipo de horario, considerando los siguientes periodos de medición:

Horario Diurno:

Horario Nocturno:

Matinal : 07:01 - 10:00 hrs. Hora Punta A : 22:01 - 01:00 hrs.

Tarde : 12:00 - 03:00 hrs. Hora Normal: 01:01 - 04:00 hrs.

Vespertina : 06:00 - 21:00 hrs. Hora Punta B : 04:01 - 07:00 hrs.

En cada horario se tomaron lecturas de Leq con una duración de un minuto, que lo determinado para el nivel de presión sonora continuo equivalente en un período fijo, en cada horario, a intervalos de 2 min. Después se integraron estas lecturas para conformar el Leq en períodos mayores; en este caso 09 horas en cada tipo de horario.

Considerando que las mediciones realizadas en los diferentes puntos tuvieron mediciones de LeqA, se estimaron promedios aplicando la siguiente ecuación:

$$\frac{Leq_A}{Horario Leq_A} = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i}{10}}}{N}$$

En la cual, Li es el nivel sonoro continuo equivalente obtenido en cada una de las mediciones hechas en el respectivo turno y N el número de mediciones que se hicieron en el punto, en el respectivo turno.

3.4.4. Tramos de Medición

Con la finalidad de obtener información representativa del nivel de ruido ambiental a lo largo del recorrido de la carretera Iquitos – Nauta, se procedió a dividir la carretera en tres secciones:

Sección 1: Constituido por los primeros 10 kilómetros de la carretera, tomando como punto de partida la ciudad de Iquitos. En estos 10 primeros kilómetros la intensidad de ruido ambiental se ve incrementada por el flujo del tránsito vehicular, más las actividades residenciales, comerciales y/o industriales que se encuentran en este primer tramo de la carretera que se encuentra cerca de la ciudad de Iquitos.

Sección 2: Constituido por el tramo de carretera que se inicia en Km 10 y culmina en el Km 80. En esta sección la intensidad de ruido ambiental se ve incrementada en su mayor parte por el flujo del tránsito vehicular.

Sección 3: Constituido por los últimos 10 kilómetros de la carretera, tomando como punto de partida la ciudad de Iquitos. En estos 10 primeros kilómetros la intensidad de ruido ambiental se ve incrementada por el flujo del tránsito vehicular, más las actividades residenciales, comerciales y/o industriales que se encuentran en este primer tramo de la carretera que se encuentra cerca de la ciudad de Nauta.

En la sección 1 y sección 3, se midieron los niveles de ruido ambiental en tramos de 2 Km, iniciando en el Km 0. En total se obtuvieron 06 puntos de monitoreo por cada sección.

En la sección 2, se midieron los niveles de ruido ambiental en tramos de 10 Km, iniciando en el Km 20. En total se obtuvieron 07 puntos de monitoreo.

Se realizaron mediciones de ruido ambiental en cada sección señalada, siguiendo los siguientes requerimientos y condiciones de medición (**Paniagua et al.**, 2007):

- Se realizó la ubicación de dos puntos de medición en cada uno de los tramos establecidos, uno a cada lado de la vía.
- El equipo de medición se ubicó a 2 m de distancia de la vía, considerando como límite la solera.
- El sonómetro se colocó a una altura de 1,5 m, y en algunos casos que pudieron distinguirse casas, se colocó a 3,5 m de la fachada más cercana.
- En caso las distancias de fachadas fueron menores o iguales a 2 m, se aplicó la corrección por fachada de 3dB al nivel medido.
- El horario de medición es el establecido en el punto anterior.
- Las mediciones se realizaron en condiciones de tráfico regular, en caso se observaron desvíos de tránsito se suspende el muestreo, con la finalidad de no alterar la composición regular de los niveles de ruido emitidos en condiciones normales de tránsito.

3.4.5. Medición de la Intensidad del Tránsito Vehicular

En cada punto de monitoreo se evaluó la frecuencia de vehículos (vehículo/horas), obteniendo registros por cada periodo de medición de datos.

Los vehículos fueron clasificados en vehículos livianos (motos, motocarros, furgonetas, carros) y vehículos pesados (combis, ómnibus, camiones, tractores, etc.).

3.4.6. Medición de Condiciones Meteorológicas

Las condiciones meteorológicas (dirección y velocidad del viento, temperatura y humedad), fueron medidas en paralelo al registro de niveles de ruido (considerando los mismos horarios y tiempos de medición), utilizando una estación meteorológica inalámbrica marca Davis, modelo: Vantage Pro2.

Los datos obtenidos fueron transferidos a una computadora mediante un cable de transferencia de datos, y fueron utilizados para los análisis respectivos.

3.4.7. Mapa de Ruido

Se ha propuesto esta importante herramienta de gestión del ruido ambiental para visualizarlo de forma gráfica y tener una mejor visión de lo que está ocurriendo con los niveles de ruido en el tramo de la carretera Iquitos – Nauta. El uso del denominado mapa de ruido, no es más que el plano de las zonas de estudio en los cuales se trazan curvas isófonas (curvas de igual LAeq,T).

Para su elaboración se aplicó el método de grillas (**Martínez, 2005**), que consiste en tomar el plano de la carretera y superponer una trama de dimensión determinada (siguiendo el modelo de secciones), quedando definidos automáticamente los puntos en los que se realizaron las mediciones. En cada punto de medición se consideró mediciones de ruido ambiental a diferentes distancias de la carretera: 1 metro del borde de la carretera

(1mBC), 03 metros antes de la primera fachada (3mAPF), 50 metros del borde de la carretera (50mBC) y 100 metros del borde de la carretera (100mBC); en cada lado de la carretera.

Con esta información, aplicando el programa de Sistema de Información Geográfica, ArcGIS 10.3 y de un interpolador de datos tipo Kriging, obtuvimos las curvas isófonas correspondientes. De acuerdo con la NORMA ISO 1996-2 (1987) se establecieron las áreas de exposición al ruido: menores a 50dB, 55dB, 60dB, 65dB, 70dB, 75dB y 80dB y sus respectivas gamas de colores, que fueron integradas al mapa Ldn.

3.4.8. Instrumentación Utilizada

Equipamiento de monitoreo continuo de niveles de ruido utilizados para obtener los datos en campo:

- Sonómetro Tipo 2, EXTECH modelo 407780.
- Micrófono de 1/2", con respuesta de campo libre, Type 1225.
- Calibrador QUEST QC 10 de 94dB.
- Cable de transferencia de datos EXTECH.
- Trípode Stand: Bespeco SH80N (para Estación Meteorológica)
- Trípode Vivitar 2400 (para sonómetro).
- Estación meteorológica inalámbrica Davis Vantage Pro2.
- Cable de transferencia WeatherLink.
- GPSMap Garmin 76CSx
- Contómetro de mano
- NoteBook ASUS N53Jq series (Windows 8.1 de 64 bits, 10GB RAM)

Equipamiento análisis de datos:

- Software de transferencia de datos, Extech v3.2
- Software de análisis de datos, Extech v2.3 (Released).
- Software interpolador de datos tipo Kriging
- Software de referencia geográfica ARC GIS 9.1.
- NoteBook ASUS N53Jq series.

Variable	Técnica /método	Instrumento
Niveles de ruido ambiental	Observación directa / Ficha de registro.	Sonómetro digital EXTECH 407780 Tipo 2
Distancia de la carretera	Observación directa / Ficha de registro.	GARMIN GPSMap 76CSx
Intensidad de tránsito vehicular	Observación directa / Conteo de vehículos por hora.	Contómetro de mano
Condiciones meteorológicas	Estación meteorológica	Anemómetro / Veleta / Termohigrómetro

3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Luego de la obtención de los registros de ruido en los diferentes puntos de muestreo de la carretera Iquitos - Nauta, la información fue vertida en una base de datos en formato Excel (versión 2016) y posteriormente se realizó el procesamiento estadístico, aplicando los siguientes paquetes estadísticos: BIOESTAT (versión 5.0), R (versión 3.3.1 – 2016/06/21), MINITAB (versión 17.0) y Community Analysis Package (CAP versión 4.0 - 2007).

Teniendo evidencias en contra de la normalidad de los valores de la variable ruido, todos los análisis estadísticos fueron procesados mediante análisis no paramétricos. Durante el procesamiento estadístico de los datos, se utilizó tanto la estadística descriptiva, la estadística inferencial y estadística multivariada, utilizando los siguientes análisis:

Estadística Descriptiva: Para representar el resumen general de los valores de los parámetros de ruido y flujo vehicular, se utilizó la mediana para representar la medida de tendencia central de los datos, y como medida de variabilidad se utilizó la desviación intercuartílica, el coeficiente de variación y los valores máximos y mínimos. Se utilizó gráficos de Box Plot para representar el resumen de las comparaciones múltiples de los diferentes puntos de muestreo.

Para graficar los valores de ruido de las diferentes unidades vehiculares, se utilizó pictogramas con valores de mediana.

Para compara los valores de ruido de cada punto de muestreo, con las especificaciones de establecidas en el DS N° 085-2003-PCM, se utilizó gráficos de líneas.

Estadística Inferencial: Se utilizó un análisis de comparación de Kruskal Wallis, para comparar: a) los niveles de ruido de los diferentes puntos de muestreo (en horario diurno y nocturno), b) los niveles de ruido de las diferentes unidades vehiculares, c) la intensidad de flujo vehicular en los diferentes puntos de muestreo y d) el flujo vehicular en los diferentes horarios de muestreo. Para todos los casos de comparación, se utilizó el análisis a posteriori (Post Hoc) de Mann-Whitney-Wilcoxon para medianas, utilizando el gráfico de Box Plot para representar con la asignación de letras las diferentes comparaciones múltiples.

Para comprobar el tipo de relación entre el ruido generado y la intensidad del flujo vehicular, se utilizó el análisis de correlación de Spearman.

Para todos los análisis inferenciales, se utilizó un nivel de significancia del 95% ($p < 0.05$).

Estadística Multivariada: Aplicamos el análisis de componentes de principales (ACP) para identificar cuál de los parámetros meteorológicos están más relaciones con los niveles de ruido registrados durante el estudio.

3.6. ASPECTOS ÉTICOS

Para el presente estudio no se utilizó ningún instrumento ni se realizó ninguna actividad que pueda atentar contra los derechos humanos (anonimidad, confidencialidad, protección a la integridad física y moral, etc.) de la población que habita en todo el tramo de la carretera Iquitos-Nauta.

En los casos que algunos de los puntos de muestreo se encontraban dentro de algunos predios, se coordinó con los propietarios, solicitando su autorización y consentimiento para evitar atentar con la privacidad de los mismos; explicando siempre que el presente estudio es netamente de investigación del ruido ambiental y ruido del tráfico y no se coleccionará ninguna otra información de carácter confidencial.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Niveles de ruido ambiental en carretera Iquitos - Nauta

Con el propósito de conocer el nivel de ruido (principalmente del tránsito vehicular) que tienen incidencia directamente con la población que estaría viviendo en las inmediaciones del trayecto de la carretera Iquitos – Nauta, se tuvo en consideración la distancia de medición de ruido a 1 metro del borde de la carretera y a una distancia de 3 m del borde la primera fachada (3 m APF).

La ubicación de las viviendas en la carretera Iquitos hacia Nauta, presentó una distancia promedio de 18.9 m hacia el borde de la carretera, con una distancia mínima de 9 m y una distancia máxima de 31 m.

Monitoreo Diurno

Durante el monitoreo diurno se registró un ruido medio de 58.75 dB, con un registro mínimo de 45.75 dB y un máximo de 92.15 dB en todo el trayecto de la carretera. En la Tabla 1 se presentan los valores promedios expresados en medianas y su nivel de dispersión expresados en unidades de desviación intercuartílica y coeficiente de variación, para cada distancia de medición.

Tabla 1: Estadística descriptiva y valores comparativos mediante análisis de Kruskal Wallis para cada distancia de medición – horario diurno

Estadígrafo	Distancia de Medición	
	1mBC	3mAPF
Mediana	59.69 dB	56.05 dB
Desviación Intercuartílica	8.68 dB	8.14 dB
Coefficiente de Variación	15.46%	10.25%

En el gráfico 1 se presentan los valores de comparación de las fluctuaciones del ruido a través de análisis de Kruskal Wallis de todos los puntos de muestreo distribuidos a 1 m del borde de la carretera, donde se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). Mediante al análisis a posteriori con la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon para medianas, se confirma que los primeros 10 Km cercanos a la ciudad de Iquitos y la última estación de muestreo de Nauta a Iquitos se evidenciaron los mayores registros de ruido ($p < 0.05$), en comparación a los puntos de muestreo presentes en los tramos del Km 20 al 92, los cuales presentaron registros de ruido similares ($p > 0.05$).

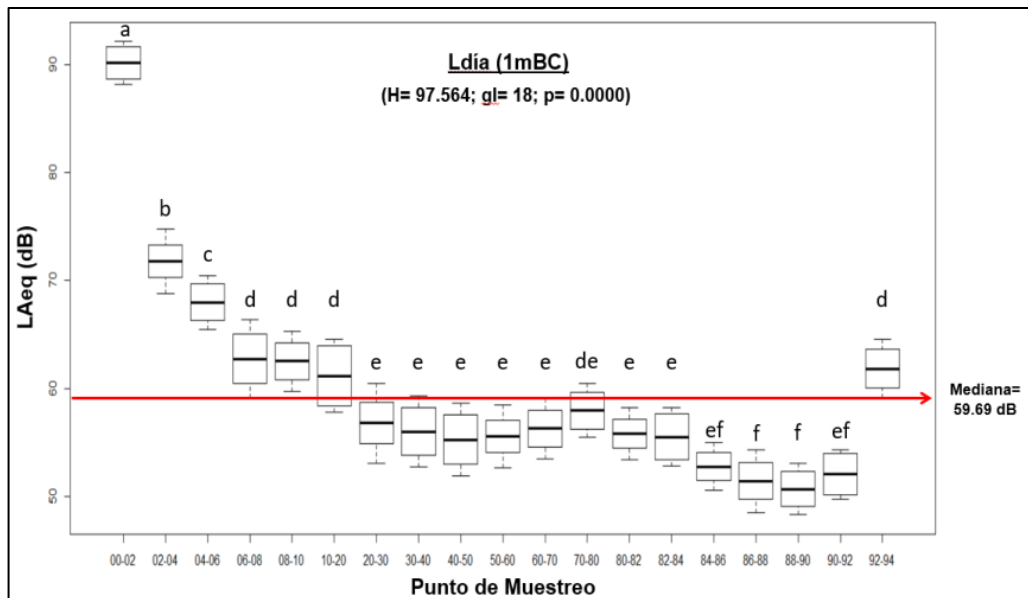


Gráfico 1: Box Plot con niveles de ruido diurno para cada punto de monitoreo ubicados a una distancia de 01 metro al borde de la carretera

En el gráfico 2 se presentan los valores de comparación de los niveles de ruido (mediante análisis de Kruskal Wallis), de todos los puntos de muestreo ubicados a 03 metros antes de cada fachada registrada; donde se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). Mediante al análisis a posteriori con la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon para medianas, se confirma que los primeros 10 Km cercanos a la ciudad de Iquitos y los 02 últimos puntos de muestreo cercanos a la ciudad de Nauta, presentaron los mayores registros de ruido ($p < 0.05$), en comparación a los puntos de muestreo presentes en los tramos del Km

10 al 60, los cuales presentaron registros de ruido similares ($p > 0.05$). Cabe mencionar que en el tramo del Km 60 al Km 90, no se registraron fachadas cercanas a la carretera y no se realizó ningún registro.

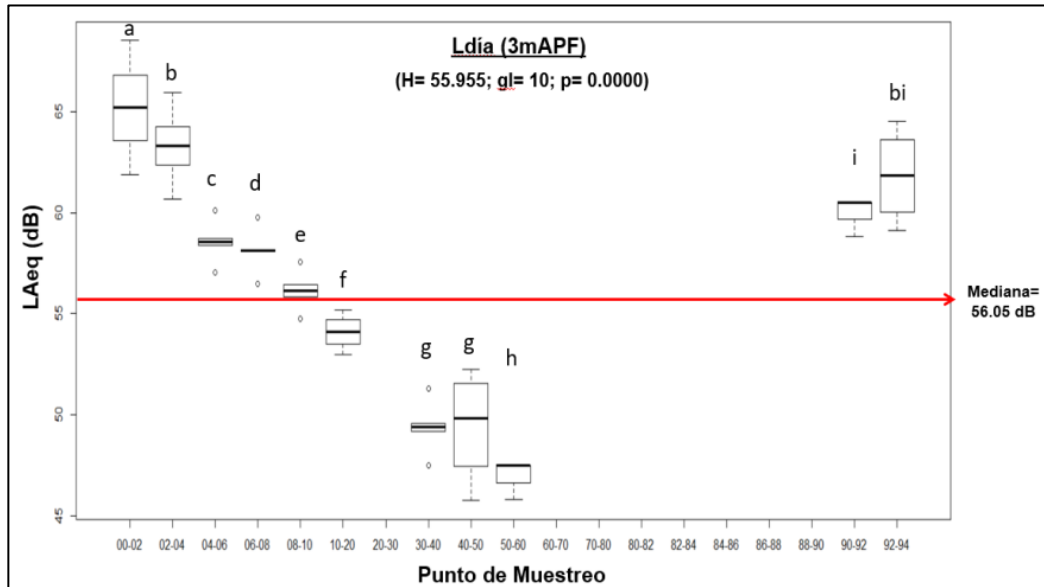


Gráfico 2: Box Plot con niveles de ruido diurno para cada punto de monitoreo ubicados a una distancia de 03 metros antes de la primera fachada

Monitoreo Nocturno

Durante el monitoreo nocturno se registró un ruido promedio de 51.48 dB (mediana), con un registro mínimo de 42.47 dB y un registro máximo de 72.21 dB en todo el trayecto de la carretera. En la Tabla 2 se presentan los valores promedios expresados en medianas y su nivel de dispersión expresados en unidades de desviación intercuartílica y coeficiente de variación, para cada distancia de medición.

Tabla 2: Estadística descriptiva y valores comparativos mediante análisis de Kruskal Wallis para cada distancia de medición – horario nocturno

Estadígrafo	Distancia de Medición	
	1mBC	3mAPF
Mediana	50.98 dB	49.32 dB
Desviación Intercuartílica	5.99 dB	7.53 dB
Coefficiente de Variación	12.79%	09.70%

En el gráfico 3 se presentan los valores de comparación de los niveles de ruido a través del análisis de Kruskal Wallis, de todas las estaciones de muestreo distribuidos a 01 metro del borde de la carretera; donde se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). Mediante la prueba a posteriori Mann-Whitney-Wilcoxon, se confirma que los primeros 08 Km cercanos a la ciudad de Iquitos, los tramos del Km 60 al 84 y el último punto de muestreo cercano a la ciudad de Nauta, presentaron los mayores registros de ruido ($p < 0.05$), en comparación a los puntos de muestreo presentes en los tramos del Km 08 al 60 y del 84 al 92, los cuales evidenciaron datos de ruido similares ($p > 0.05$).

En el gráfico 4 se presentan los valores de comparación de los niveles de ruido a través del análisis de Kruskal Wallis, de todas las estaciones de muestreo registrados a 3 m antes de cada fachada; donde se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). Mediante al análisis a posteriori con la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon para medianas, se confirma que los primeros 8 km desde Iquitos a Nauta y la última estación de muestreo cercano a Nauta, presentaron los mayores registros de ruido ($p < 0.05$), en referencia a las estaciones de muestreo presentes en los tramos 10 al 60 km y 92 al 94 km, los cuales presentaron registros de ruido similares ($p > 0.05$). Cabe mencionar que en el tramo del Km 60 al

Km 90, no se registraron fachadas cercanas a la carretera y no se realizó ningún registro.

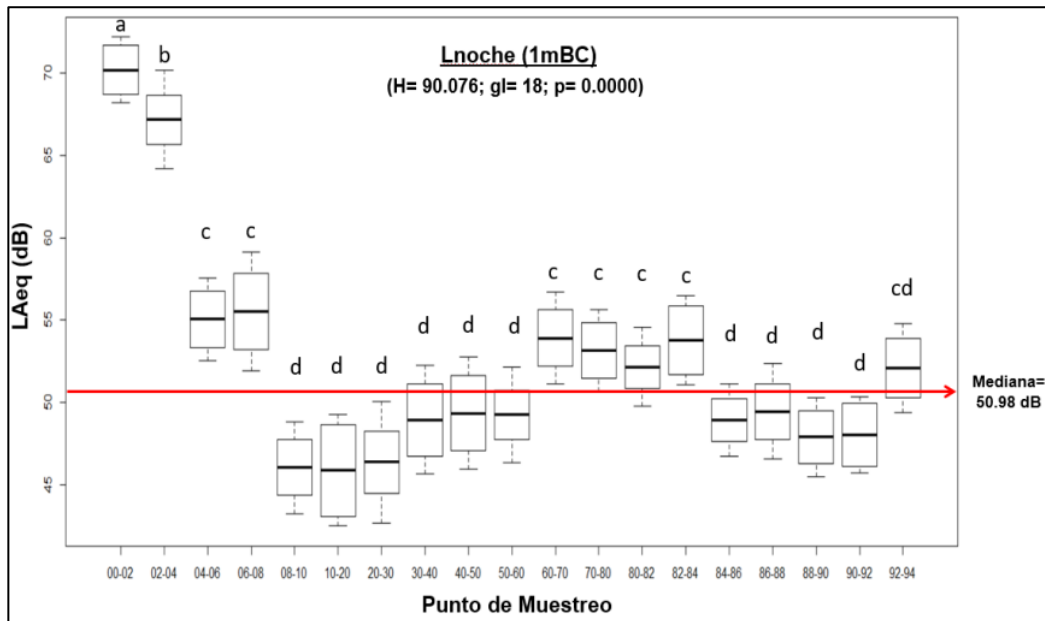


Gráfico 3: Box Plot con niveles de ruido nocturno para cada punto de monitoreo ubicados a una distancia de 01 metro al borde de la carretera

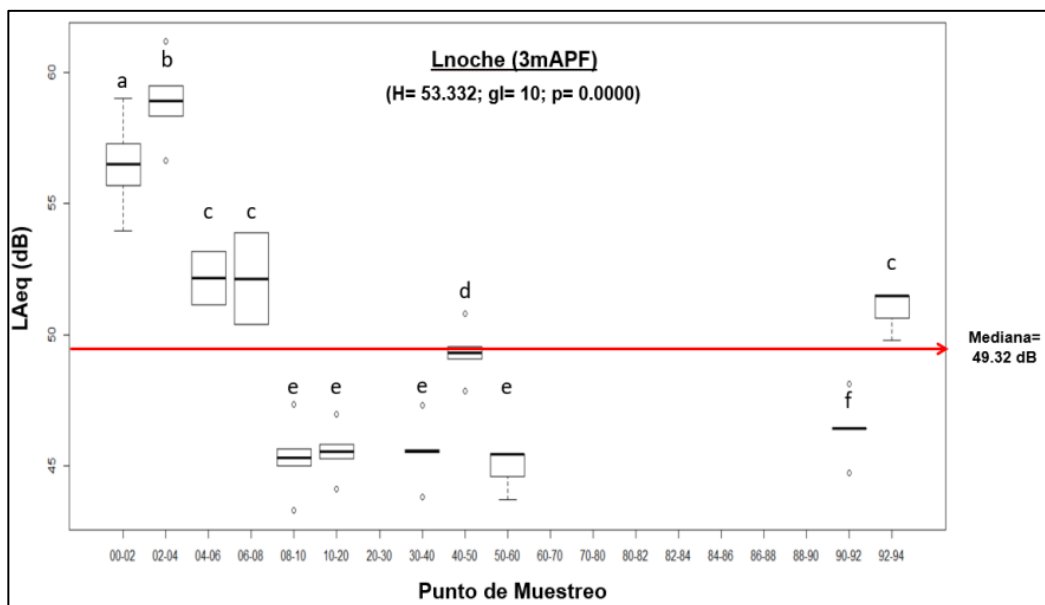


Gráfico 4: Box Plot con niveles de ruido nocturno para cada punto de monitoreo ubicados a una distancia de 03 metros antes de la primera fachada

4.2. Niveles de ruido ambiental e intensidad del tránsito

Niveles de ruido ambiental por tipo de vehículo

Entre los principales vehículos generadores de ruido, los vehículos livianos presentaron un nivel promedio de ruido desde 75.05 dB hasta 81.54 dB; mientras que los vehículos pesados evidenciaron valores superiores a 85 dB. En el gráfico 5 se presentan los niveles de ruido producidos, tanto de la flota liviana como de la flota pesada.

Al comparar los niveles de ruido de las diversas unidades vehiculares, se encontró diferencias significativas ($p < 0.01$). Mediante al análisis a posteriori de Mann-Whitney-Wilcoxon se confirma que los vehículos pesados (patrulleros/ambulancias y camiones), fueron los que presentaron mayores niveles de generación de ruido; mientras que las motos fueron las que evidenciaron los menores niveles de generación de ruido ($p < 0.05$); las demás unidades vehiculares presentaron un nivel de ruido promedio de 79.60 dB (gráfico 6).

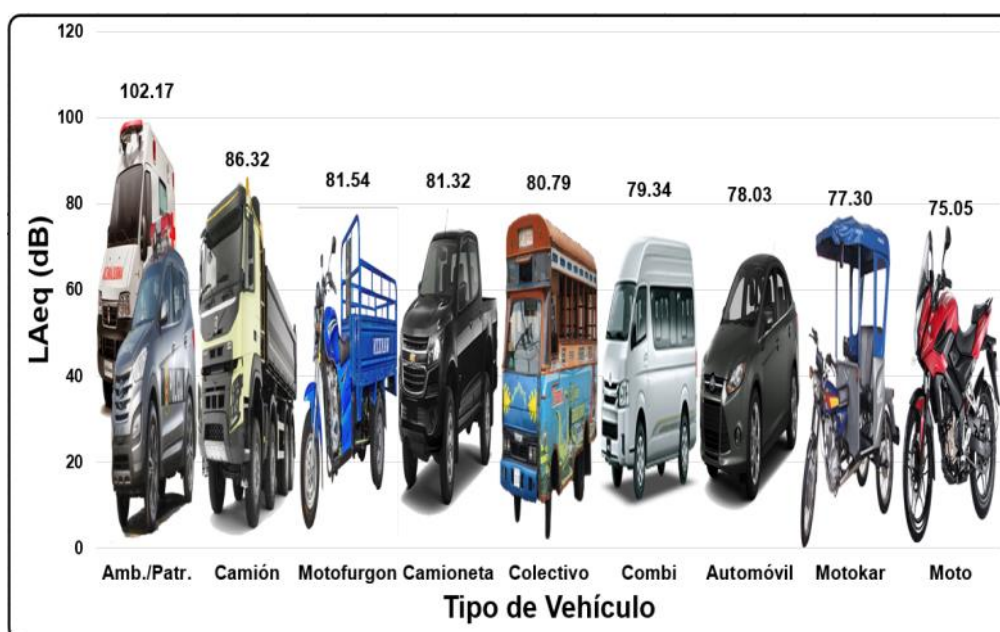


Gráfico 5: Niveles de ruido producido por los principales vehículos que transitan por la carretera Iquitos – Nauta

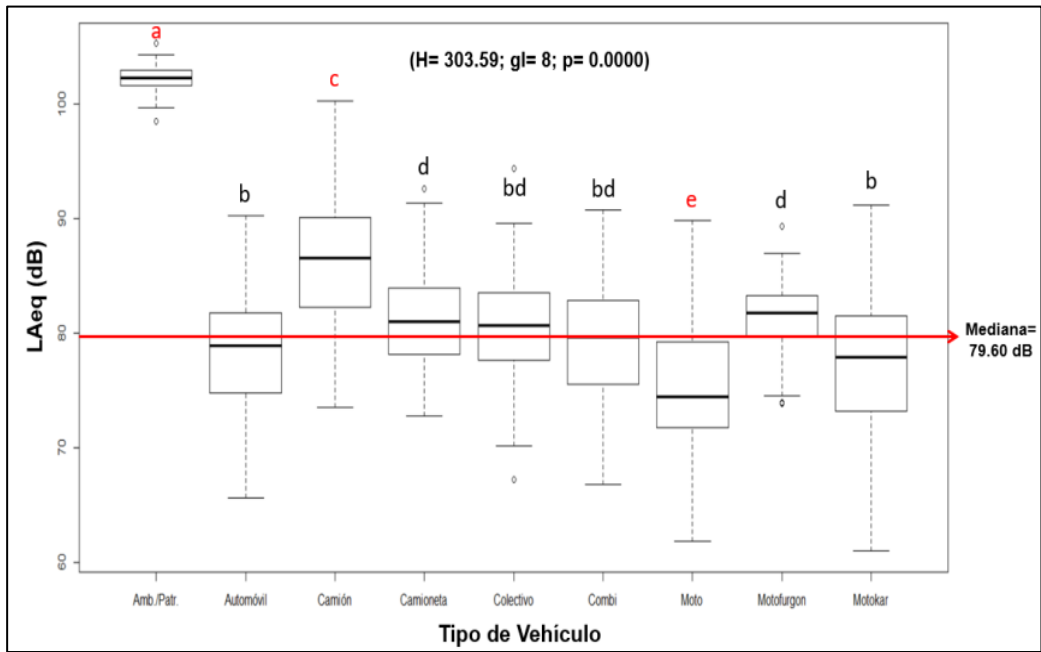


Gráfico 6: Niveles de ruido producido por los principales vehículos que transitan por la carretera Iquitos - Nauta

Intensidad de Flujo Vehicular

En la Tabla 3 se presenta la intensidad del flujo vehicular (tanto vehículos pesados como vehículos livianos) y la relación con el ruido que produce dicho flujo.

En el gráfico 7 se presentan los valores de comparación de la intensidad de flujo vehicular (mediante análisis de Kruskal Wallis), de todos los puntos de muestreo; donde se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). Mediante al análisis a posteriori con la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon para medianas, se confirma que los primeros 20 Km cercanos a la ciudad de Iquitos y el último punto de muestreo cercano a la ciudad de Nauta, presentaron los mayores registros de flujo vehicular ($p < 0.05$), en comparación a los puntos de muestreo presentes en los tramos del Km 30 al 92, los cuales presentaron registros de flujo vehicular similares ($p > 0.05$).

Tabla 3: Intensidad de flujo vehicular para cada punto de monitoreo ubicados en el tramo de la carretera Iquitos - Nauta

Punto de Muestreo	Nº Vehículos / Min.	Mínimo (Hora Normal)	Máximo (Hora Punta)	N.º Vehículos / Día.	Decibeles Promedio
Km 00-02	32.6	12	56	46944	74.26
Km 02-04	21.3	11	37	30672	67.48
Km 04-06	17.8	9	30	25632	62.50
Km 06-08	17.6	7	28	25344	58.95
Km 08-10	10.3	5	18	14832	57.44
Km 10-20	10.2	5	16	14688	56.01
Km 20-30	9.8	4	13	14112	51.69
Km 30-40	1.5	1	4	2160	51.98
Km 40-50	1.45	0	3	2088	52.28
Km 50-60	1.4	0	3	2016	49.53
Km 60-70	0.8	0	2	1152	54.74
Km 70-80	0.73	0	2	1051	55.81
Km 80-82	0.7	0	2	1008	54.40
Km 82-84	0.7	0	2	1008	54.60
Km 84-86	0.7	0	2	1008	48.69
Km 86-88	0.7	0	2	1008	49.35
Km 88-90	1.4	1	2	2016	48.66
Km 90-92	2.6	1	4	3744	48.98
Km 92-94	17.26	10	26	24854	56.41

Al realizar una correlación entre el flujo vehicular y la intensidad de ruido generada, se encontró una alta relación positiva entre dichas variables ($r_s= 0.90$), lo cual indica que, a mayor intensidad del flujo vehicular, mayor es la intensidad de ruido que se produce. En el gráfico 8 se presenta el diagrama de dispersión de los niveles de ruido y la intensidad vehicular.

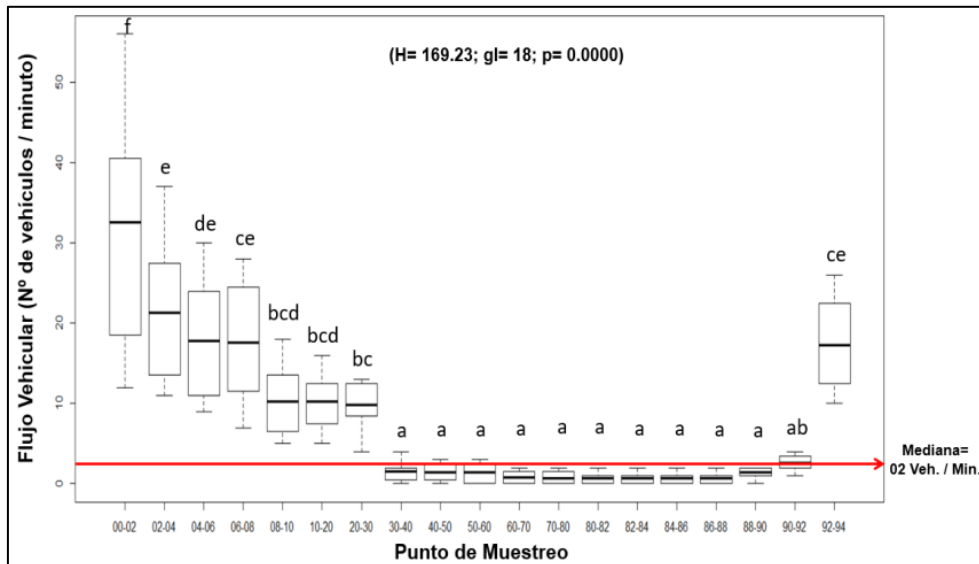


Gráfico 7: Box Plot con niveles de flujo vehicular para cada punto de monitoreo ubicados en el tramo de la carretera Iquitos - Nauta

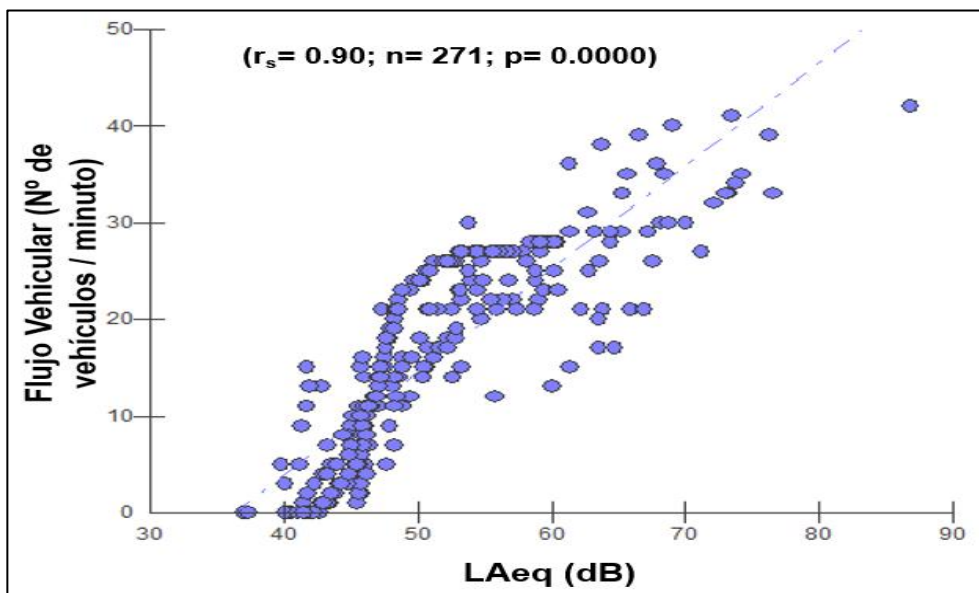


Gráfico 8: Diagrama de dispersión de los niveles de ruido y la intensidad del flujo vehicular.

Horario de Mayor Flujo Vehicular

Las mediciones del flujo vehicular fueron medidas, tanto en horario diurno (desde las 07:01 hasta las 22:00 horas) y nocturno (desde las 22:01 hasta las 7:00 horas); de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo. N° 085-2003-PCM.

Las mediciones del flujo vehicular se realizaron en 06 rangos horarios (03 rangos en horario diurno y 03 rangos en horario nocturno), se muestran en el gráfico 9. Al realizar un análisis comparativo del flujo vehicular en los diferentes rangos, se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). Mediante el análisis a posteriori Mann-Whitney-Wilcoxon, se evidencia que los rangos entre las 07:01 hasta las 21:00 horas, fueron los que presentaron mayores niveles de flujo vehicular; mientras que los rangos comprendidos desde las 22:01 hasta las 07:00 horas, presentaron los menores niveles de flujo vehicular ($p < 0.05$).

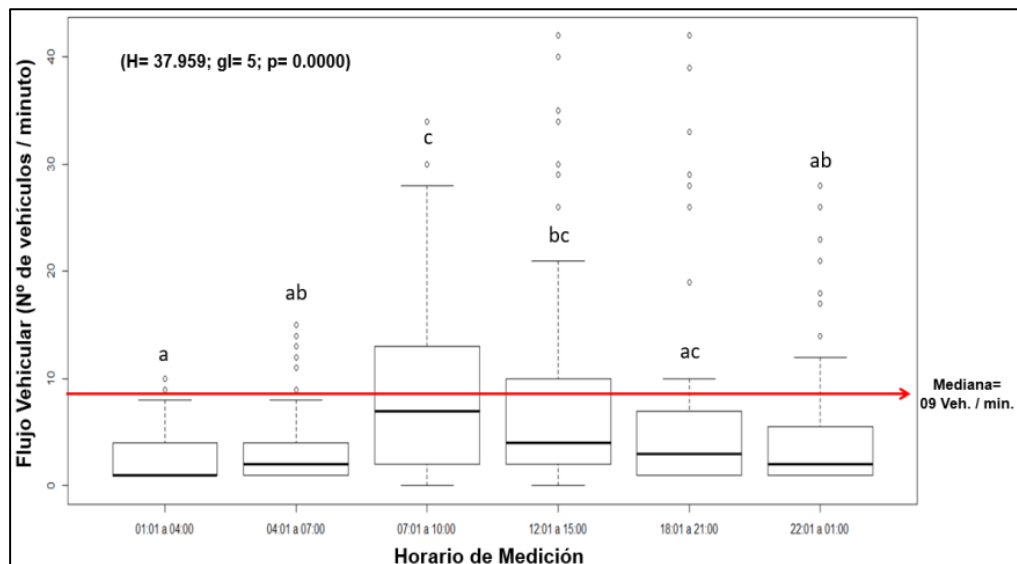


Gráfico 9: Box Plot con niveles de flujo vehicular, según horario de medición

4.3. Niveles de ruido ambiental y condiciones meteorológicas

Se realizó un análisis multivariado de componentes principales (ACP) para verificar las posibles relaciones de las variables meteorológicas con de ruido registrados durante el periodo de estudio.

En la Tabla 4 se presentan los valores de la varianza explicada por cada componente; donde la explicación obtenida con los 03 (tres) primeros componentes principales explican el 66.63% de la varianza.

Tabla 4: Varianza acumulativa del Análisis de Componentes Principales

	Eigenvalues	Cumulative Total	% of Total Variance	Cum. % of Total Variance
1	2.01	2.01	28.71	28.71
2	1.46	3.47	20.86	49.57
3	1.19	4.66	17.06	66.63
4	0.94	5.61	13.49	80.13
5	0.85	6.46	12.21	92.33
6	0.32	6.79	4.62	96.95
7	0.21	7	3.05	100

En el gráfico 10 se presenta las interacciones en tres ejes principales, donde se puede verificar que ninguna de las variables meteorológicas representó en una alteración significativa en los niveles de ruido; sin embargo, la variable que mayor está relacionada al incremento del ruido es la intensidad del flujo vehicular, de forma independiente las variables meteorológicas puedan variar su valor, sería la intensidad del flujo vehicular el que determinaría que los niveles de ruido se aumentan o disminuyan su valor.

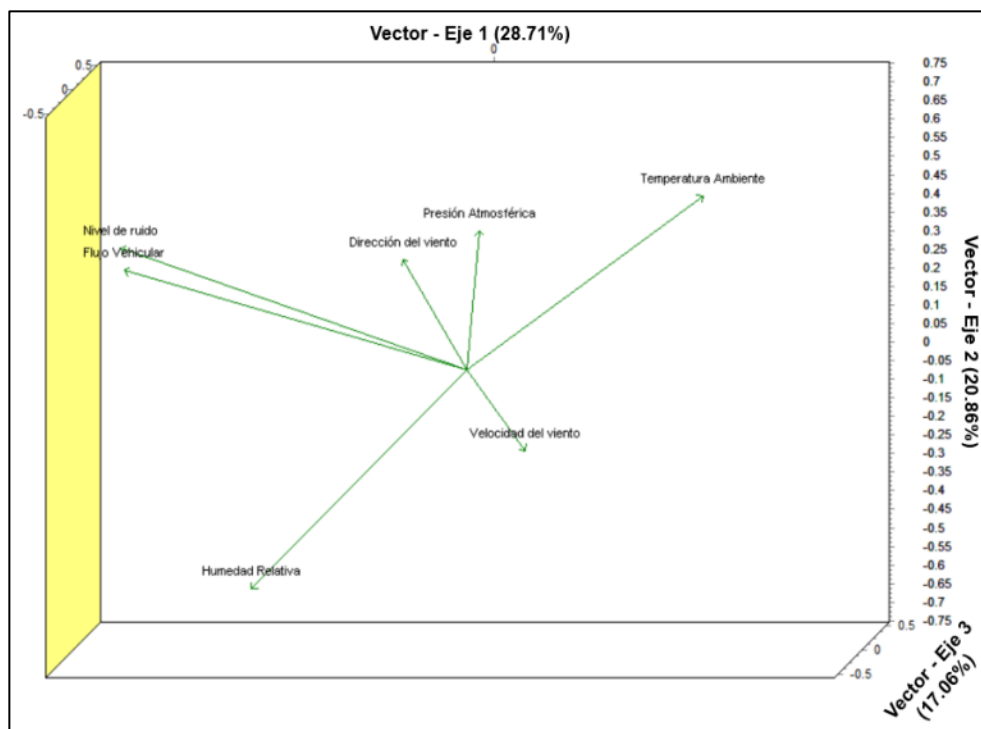


Gráfico 10: Análisis de componentes principales para las variables meteorológicas y los niveles de ruido

4.4. Zonas críticas de contaminación sonora

Con el propósito de evidenciar si los niveles de ruido registrados en la carretera Iquitos – Nauta, se encuentran en el rango de las categorías establecidas en el DS N° 085-2003-PCM, se aplicó las consideraciones del nivel de ruido continuo equivalente con ponderación A (LAeq), Nivel equivalente día (L_d) y Nivel equivalente noche (L_n), para ser comparados con dicho Decreto Supremo. A demás se consideraron otros indicadores de ruido sobre transporte urbano de carácter internacional como el índice de ruido de tránsito (TNI), nivel de contaminación por ruido (NPL), nivel equivalente máximo (NEM), entre otros; los cuales se muestran en la Tabla 5

Entre los principales índices, el TNI presenta un promedio de 80.33 dB; mientras que el NPL presenta un promedio de 70.85 dB. Los niveles equivalentes máximos (NEM) varían entre los 53.80 dB hasta los 86.80 dB. El L_d presenta un promedio de 57.33 y el L_n presenta un promedio de 51.30.

Tabla 5: Principales indicadores descriptivos de ruido sobre transporte urbano

Punto de Muestreo	Indicadores Descriptivos de Ruido Sobre Transporte Urbano											
	Leq (A)	L90	L50	L10	L10-L90	SD (σ)	TNI	NPL	NEM	L_d	L_n	L_{dn}
Km 00-02	74.26	56.10	65.60	75.05	18.95	7.98	101.90	94.70	86.80	76.79	67.54	77.07
Km 02-04	67.48	53.50	60.15	73.50	20.00	6.71	103.50	84.65	76.30	69.11	64.84	71.26
Km 04-06	62.50	47.00	54.70	69.50	22.50	7.59	107.00	81.92	71.20	65.22	53.63	64.62
Km 06-08	58.95	43.05	56.35	63.65	20.60	6.42	95.45	75.38	64.40	60.94	55.16	62.52
Km 08-10	57.44	41.95	49.40	63.25	21.30	7.87	97.15	77.60	65.30	60.31	45.42	58.47
Km 10-20	56.01	38.25	45.55	61.25	23.00	8.02	100.25	76.53	66.50	58.85	44.79	57.33
Km 20-30	51.69	44.00	45.75	58.65	14.65	4.93	72.60	64.30	60.00	54.13	45.62	54.69
Km 30-40	51.98	45.50	48.30	56.60	11.10	4.27	59.90	62.90	59.70	53.91	48.40	55.60
Km 40-50	52.28	47.70	49.55	57.50	9.80	3.27	56.90	60.67	58.70	53.97	49.50	56.04
Km 50-60	49.53	44.30	47.25	53.05	8.75	3.23	49.30	57.79	56.10	50.16	48.78	53.39
Km 60-70	54.74	37.05	47.75	60.40	23.35	8.15	100.45	75.61	63.10	55.71	53.50	58.63
Km 70-80	55.81	42.70	48.15	61.55	18.85	7.04	88.10	73.83	63.50	57.18	53.78	59.66
Km 80-82	54.40	43.60	47.70	57.90	14.30	6.12	70.80	70.05	64.40	56.04	51.72	58.17
Km 82-84	54.60	37.35	45.90	60.80	23.45	8.04	101.15	75.18	63.10	55.90	52.73	58.46
Km 84-86	48.69	38.85	46.10	53.30	14.45	5.17	66.65	61.92	56.60	50.46	45.66	52.41
Km 86-88	49.35	39.00	46.90	52.80	13.80	5.41	64.20	63.19	54.40	50.10	48.45	53.23
Km 88-90	48.66	44.60	47.80	51.95	7.35	2.55	44.00	55.20	53.80	49.52	47.60	52.55
Km 90-92	48.98	42.35	47.45	52.75	10.40	3.58	53.95	58.13	56.40	50.18	47.32	52.86
Km 92-94	56.41	42.05	54.95	62.30	20.25	7.89	93.05	76.62	65.90	60.75	50.34	60.60

LEYENDA: Leq(A)= Nivel de ruido continuo equivalente con ponderación A; L90= Percentil 90 (ruido de fondo); L50= Percentil 50; L10= Percentil 10 (pico de ruido); L10-L90= Clima de ruido; SD(σ)= Desviación estándar; TNI= Índice de ruido de tránsito; NPL= Nivel de contaminación por ruido; NEM= Nivel equivalente máximo ($L_{max}(A)$); L_d = Nivel equivalente día; L_n = Nivel equivalente noche; L_{dn} = Nivel equivalente día-noche.

En los gráficos 11 y 12, se presentan los principales indicadores de nivel de ruido, con su respectivo límite establecido por el DS N° 085-2003-PCM para el horario correspondiente. Considerando que la mayor parte del trayecto de la carretera es del tipo residencial; mediante los Gráficos

11 y 12 se puede verificar que los primeros kilómetros cercanos a la ciudad de Iquitos son los que superan los límites establecidos.

Si bien la carretera podría representar una zona mixta, la mayor parte corresponde a un tipo de zona residencial y algunas zonas puntuales de protección especial; por lo que se utiliza los valores límites para estos tipos de zonas en el DS N° 085-2003-PCM.

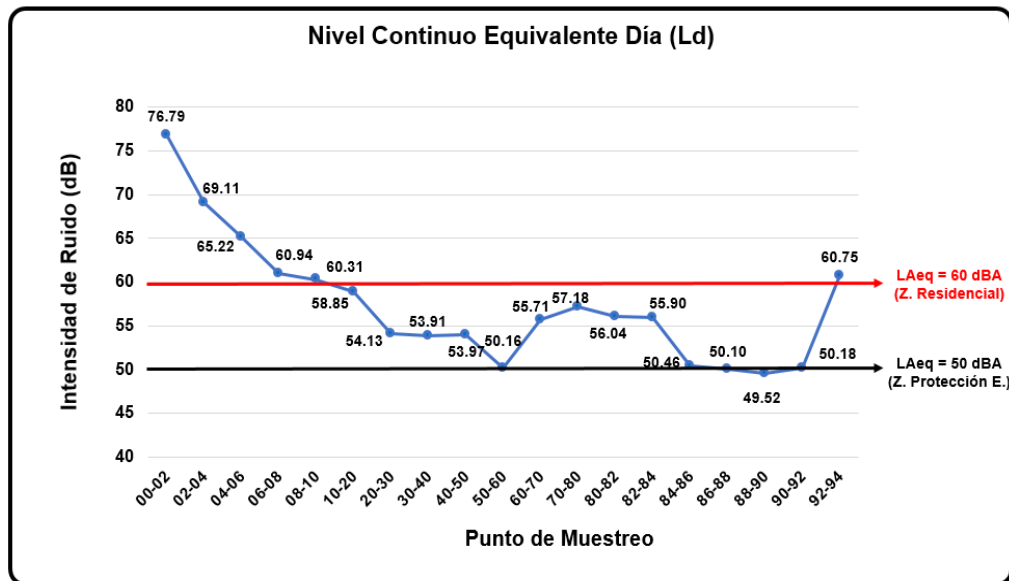


Gráfico 11: Nivel continuo equivalente día para cada punto de monitoreo ubicados en el tramo de la carretera Iquitos - Nauta

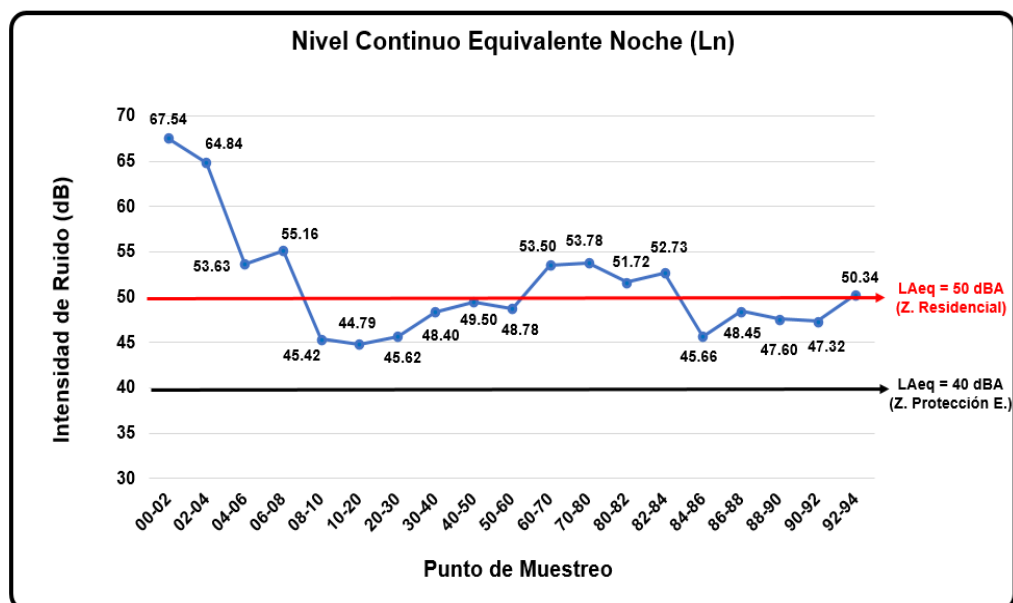


Gráfico 12: Nivel continuo equivalente noche para cada punto de monitoreo ubicados en el tramo de la carretera Iquitos - Nauta

Según lo estipulado en el DS N° 085-2003-PCM, durante el estudio se han identificado 21 zonas de protección especial (16 centros educativos y 05 centros de salud), quienes se encuentran propensos a la mayor contaminación por ruido, excediendo en muchos de los casos lo estipulado en la normativa. Así mismo, se debería considerar zonas de protección especial a los centros de recreación (ya que a dichos lugares acuden familias enteras donde se incluye también a los niños) y a la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana que representa una zona de protección de carácter nacional. En el Anexo 4 se presenta la lista y ubicación de las principales zonas de protección especial ubicadas en el trayecto de la carretera Iquitos – Nauta.

El ruido registrado en el área de estudio puede exceder los límites establecidos para las zonas de protección especial, así estando ubicadas a 50 m del borde de la carretera, e incluso a 100 metros del borde de la carretera. En los gráficos 13 y 14 se presenta los niveles de ruido registrados a 50m y a 100m del borde de la carretera en el horario diurno; donde los principales puntos que exceden los límites permitidos se encuentran en los primeros 10 Km y el Km 92 al 94 que se encuentra en la ciudad de Nauta.

En los gráficos 15 y 16 se presenta los niveles de ruido registrados a 50m y a 100m del borde de la carretera en el horario nocturno; donde todas las estaciones de muestreo exceden los valores de los límites permitidos.

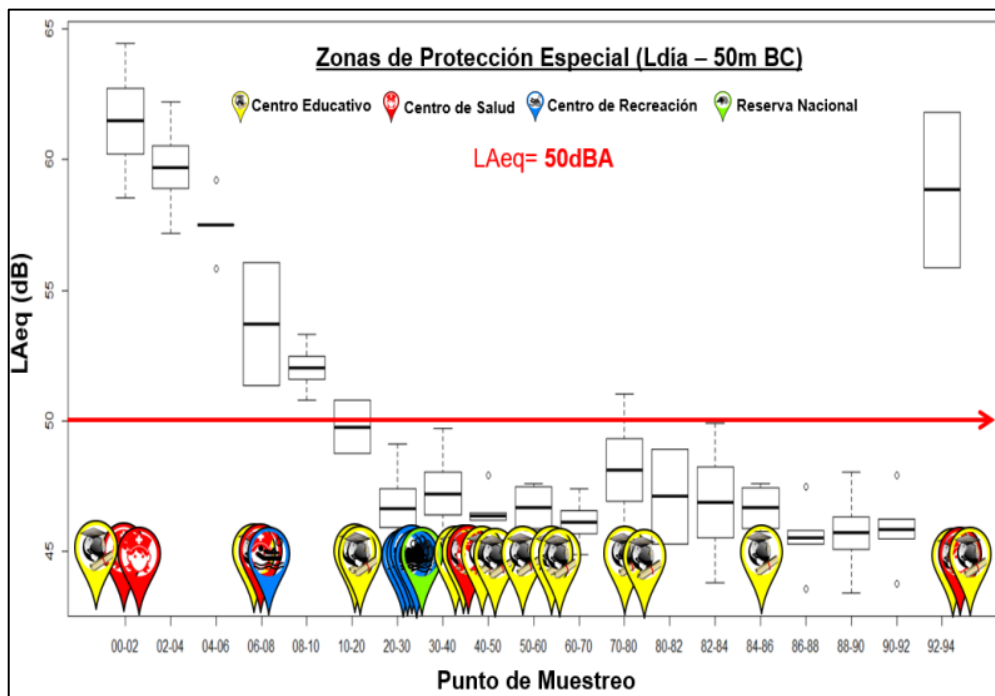


Gráfico 13: Nivel de ruido diurno registrado a 50 metros del borde de la carretera, considerando la ubicación de las zonas de protección especial

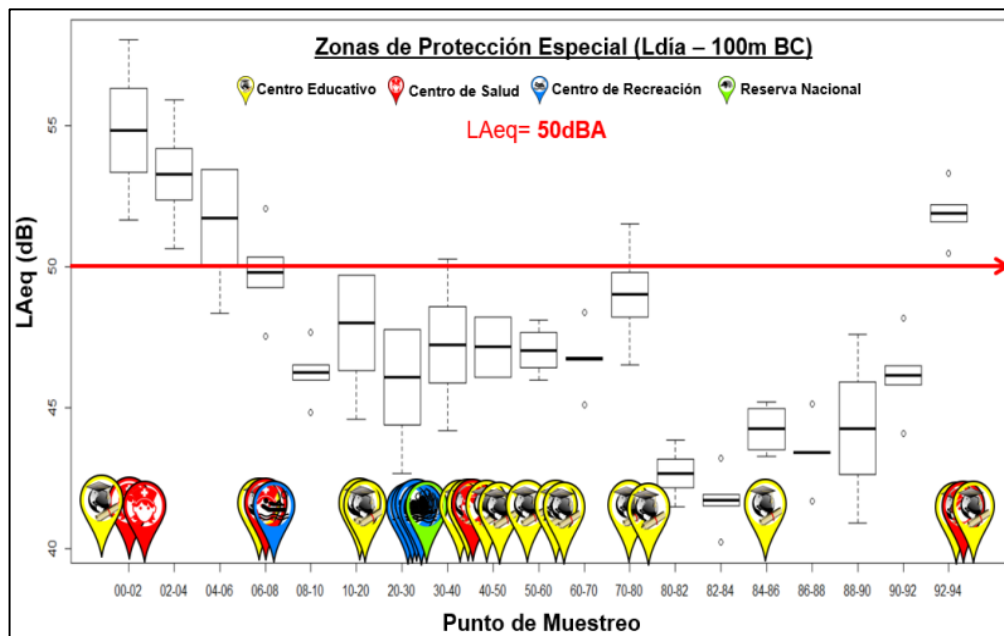


Gráfico 14: Nivel de ruido diurno registrado a 100 metros del borde de la carretera, considerando la ubicación de las zonas de protección especial

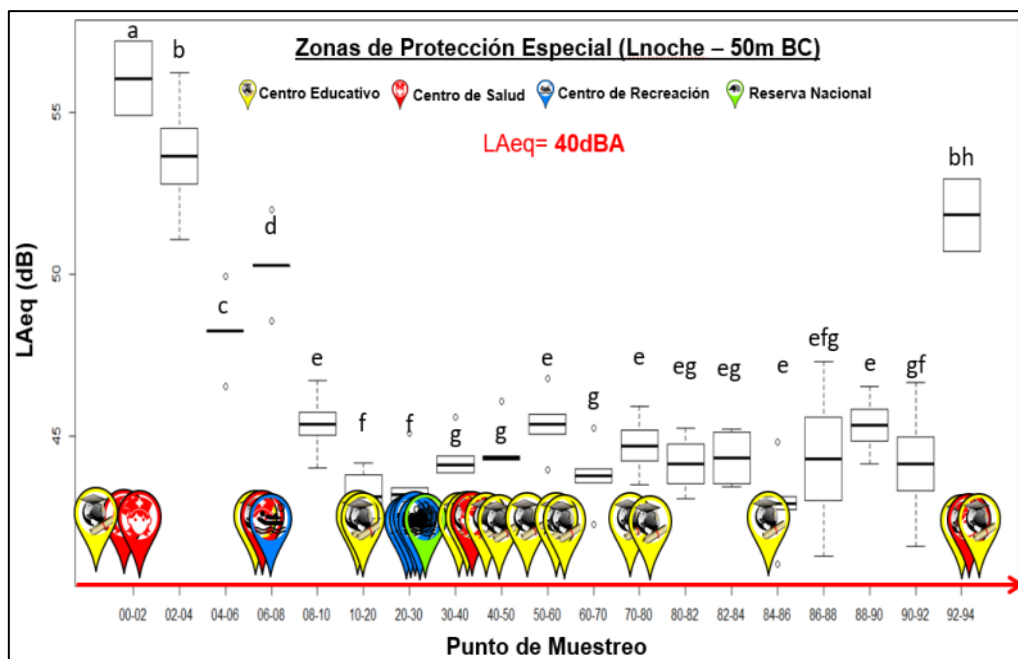


Gráfico 15: Nivel de ruido nocturno registrado a 50 metros del borde de la carretera, considerando la ubicación de las zonas de protección especial

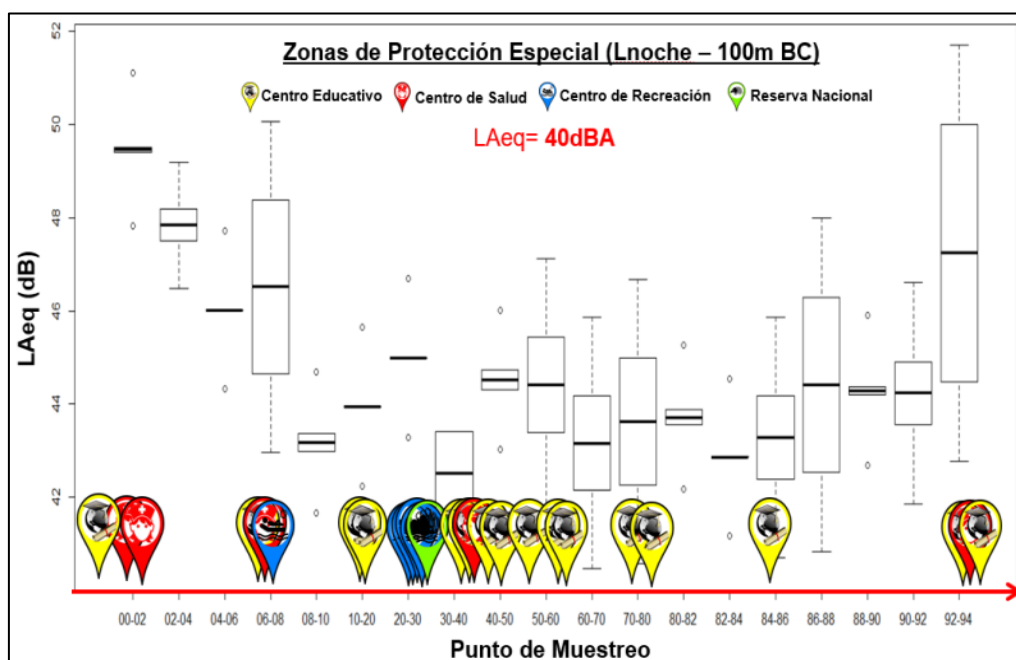


Gráfico 16: Nivel de ruido nocturno registrado a 100 metros del borde de la carretera, considerando la ubicación de las zonas de protección especial

4.5. Mapa de zonificación acústica

Para reflejar la zonificación acústica de la carretera Iquitos-Nauta, se aplicó los parámetros para ruido diurno (nivel equivalente día (L_d), para ruido nocturno (nivel equivalente noche (L_n) y para el periodo de 24 horas (nivel equivalente día-noche (L_{dn})).

En el anexo 5 se presenta el mapa general de zonificación acústica de la carretera Iquitos Nauta aplicando el parámetro de ruido de un periodo de 24 horas (nivel equivalente día-noche (L_{dn}); considerando que a dicha escala no es posible visualizar los colores de la zonificación, el mapa fue segmentado por puntos de muestreo para una mejor visualización de los niveles de ruido, desde la carretera hasta una distancia de 100 metros para cada lado de la carretera.

Los resultados del monitoreo diurno (periodo de 15 horas) se presentan en el anexo 6 al anexo 10, los del periodo nocturno (periodo de 9 horas) se presentan en el anexo 11 al anexo 15, y el mapa general de un periodo de 24 horas (L_{dn}) se presenta en el anexo 16 al anexo 20.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Niveles de ruido ambiental en carretera Iquitos - Nauta

Los niveles de ruido reportados para la carretera tuvieron una media de 58.75 dB (mínimo= 45.75 dB y máximo= 92.15 dB) en horario diurno y 51.48 dB (mínimo= 42.47 dB y máximo= 72.21 dB) en horario nocturno. La Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OCDE, 1995) propuso que los valores máximos aceptables para áreas como carreteras podría mantenerse en 70 dB(A) en horario diurno, y 50 dB(A) en horario nocturno, esto fue una propuesta de implementación a mediano plazo que contempla un horizonte de 5 a 10 años; en tanto la carretera Iquitos - Nauta cada vez con mayor expansión demográfica sobrepasa estos límites, esto debido a diversos factores que no permiten una organización estructural de la población de acorde a la capacidad de uso de suelo y establecimiento bajo regímenes de zonificación ecológica económica y ordenamiento territorial. Mientras que la OEFA (2011), registraron niveles de ruido en el rango de 76-80 dB(A) en el 68.09% de las mediciones realizadas y un 19.15% en el rango mayor a 80 dB(A) en la zona urbana de la ciudad de Iquitos, esto nos permite inferir que los excesos de límites permitidos según lo establecido en los estándares de calidad ambiental de ruido se encuentran en todas las sociedades de la ciudad de Iquitos

El nivel de presión sonora continuo equivalente (LAeq) fue aplicado por la USEPA (US Environmental Protection Agency) como el descriptor básico para evaluar el impacto del ruido ambiental ya que se ajusta mejor a los requerimientos de la EPA (Valdebenito, 2004); así mismo, este descriptor es el utilizado en legislación peruana, establecido en el protocolo nacional de monitoreo de ruido ambiental del Ministerio del Ambiente (MINAM).

Según lo obtenido en el estudio realizado, el principal agente de origen del ruido en la carretera es el tráfico rodado, afectando principalmente los primeros 10 km (partiendo desde la ciudad de Iquitos) con niveles de ruido que superan los 90 dB(A); lo cual coincide con lo reportado con Mendoza *et al.* (2002), quienes mencionan que el ruido producido por el transporte

sobrepasa los límites permitidos por la OCDE, aún para carreteras donde marca máximo entre 65 y 70 dB(A) durante el día y los recomendados por la OMS, aún para las zonas escolares con ventanas cerradas y en todas las aulas con ventanas abiertas (hasta 78.3 dB(A)).

El científico Ouis (1999) realizó un estudio interesante acerca de las afectaciones que tienen las personas ante la exposición del ruido nocturno producido por el tráfico rodado y cómo estos influyen en el sueño; evidenciándose que el ruido emitido con la fuente emisora (tráfico rodado) dificulta conseguir el sueño, por tanto interfiere en la calidad del descanso que tienen las personas: En tanto Ising y Ising (2002), evidenciaron que estas fuentes emisoras incrementan los casos de enfermedades respiratorias como bronquios, asma, hasta alergias en niños que están expuestos a ruido durante el horario nocturno. Es así que efectivamente los niveles de ruido encontrados en la carretera Iquitos Nauta podría estar afectando la salud de las personas, para ellos se debería implementar proyectos de investigación que evidencien tales afectaciones a la salud humana.

5.2. Niveles de ruido ambiental e intensidad del tránsito

En el presente estudio se demuestra que los vehículos pesados (principalmente camiones) presentaron los mayores niveles de ruido. Valdebenito (2004) manifiesta que los vehículos pesados son generalmente más ruidosos que los vehículos livianos. Una de las principales diferencias entre éstas dos clases de vehículos es que en su mayoría los vehículos pesados utilizan Diesel y los livianos utilizan Gasolina. SEA (1991) diferencia claramente que el ruido emitido por el tránsito rodado es por la velocidad de giro de motores, y que estas pueden generar mayor o menor ruido si fueran de diesel o de gasolina. Los de diesel, tienen mayores frecuencias bajas, y mayor presión de fluctuaciones en los cilindros, ocasionando mayores niveles de ruido. Entonces el ruido se origina por factores mecánicos que permiten dar un funcionamiento a diversas piezas, entre ellos el motor, el movimiento del

vehículo, la velocidad de circulación. Se experimenta que a baja velocidad de circulación la fuente de ruido originada por el motor, mientras que en alta velocidad de circulación la fuente de ruido es por neumáticos.

En tanto, otros estudios como los de Ambientes y Consultores (2001), mencionan que el impacto de ruido difiere entre tipos de vehículos livianos y pesados, siendo el de mayor impacto de ruido los vehículos pesados. El ruido ocasionado por un vehículo pesado es comparable con el impacto de 15 vehículos livianos.

Por otro lado, uno de los factores que estaría influenciando en los niveles de presión sonora es la materia que conforman las pistas, donde las mayores influencias de ruido se ocasionan en sectores de mayor flujo vehicular, que sumado a ello también intervienen en la contaminación la composición vehicular, el estado de los vehículos y la extensión de las pistas, que a la mayor longitud mayor afectación comunitaria (López y Correa, 2010). Es así que sectores con gran flujo vehicular son más contaminantes y requieren medidas de ordenamiento vial.

Se reporta una mayor intensidad de flujo vehicular en los primeros 20 kilómetros desde la ciudad de Iquitos y el km 92 (llegando a la ciudad de Nauta), donde este elevado volumen vehicular trae consigo una marcada contaminación auditiva. Ohio (2016) manifiesta que el nivel de ruido generado por un sistema de autopistas depende de algunos factores adicionales, incluyendo el número de vehículos que usan en la carretera. Generalmente, el ruido del tráfico se incrementa por volumen de tráfico más pesado, velocidades más altas, y un mayor número de camiones medianos y pesados. También hay muchos factores ambientales y geográficos que pueden influir en el nivel de ruido real en un lugar dado adyacente a una carretera.

5.3. Niveles de ruido ambiental y condiciones meteorológicas

En estudio no reporta relación directa entre los niveles de las condiciones meteorológicas y los niveles de ruido, tal como lo encontrado por Ambientes consultores (2001), quienes manifiestan que no serán válidas las mediciones bajo la lluvia y con el pavimento húmedo, la velocidad del viento no deberá exceder los 5 m/s durante la medición y con temperaturas superiores a 30°C y menores a 5°C serán inválidos los resultados, salvo que se quiera evaluar bajo estas circunstancias. Harris (1995), afirma que la temperatura ambiental tiene un efecto significativo sobre la velocidad del sonido, de modo que la velocidad del ruido incrementa en 0.61 m/seg por cada aumento de 1°C en la temperatura; sin embargo, dichas mediciones no aplicarían a un estudio donde tráfico con mayor influencia de ruido está orientada por un mayor flujo del tráfico, sin que los parámetros meteorológicos influyan. Ohio (2016) afirma que las condiciones del suelo también pueden afectar la propagación del sonido. El sonido viajará más allá de superficies "duras", reflectantes, sobre superficies "blandas" cubiertas por vegetación. Esto se debe generalmente a la absorción acústica ya la dispersión que se produce cuando el sonido viaja sobre superficies absorbentes tales como campos herbosos o áreas boscosas. Martínez (2005) realizó un estudio detallado del origen del ruido con respecto a la velocidad que aplica en vehículo motor, donde velocidad de 50 y 80 km/h se expresa el ruido de rodadura, mientras que la velocidades mayores se expresa en ruido de propulsión, en tanto, por debajo de 50 km/h se expresa generalmente el ruido del motor. Cuando el vehículo motor es nuevo, un silenciador de escape muestra tanta efectividad que en velocidades de 40 km/h se expresa predominantemente el ruido de la rodadura.

5.4. Zonas críticas de contaminación sonora

La carretera estudiada presenta zonas mixtas con diferentes características y usos, siendo algunas más sensibles al ruido que otras. Una zona industrial tolerará más ruido que una zona residencial o una escuela, por lo que esto deberá tenerse en cuenta. La carretera y sus

alrededores deben ser estudiados para implementar medidas de mitigación de ruido. En el presente estudio se determinó que la zona correspondiente a la carretera Iquitos-Nauta es predominantemente de tipo residencial con algunas zonas puntuales de protección especial (centros educativos y centros de salud). Morales (1993), afirma que existen puntos críticos de contaminación acústicas y que estos deben mitigarse antes áreas de situación especial como escuelas urbanas afectadas por el tránsito vehicular. Así mismo, Campuzano *et al.* (2010), también reafirma lo mencionado anteriormente, y que ahora resulta tan frecuente estar expuestos a altos niveles de ruido en zonas especiales, incluso para muchas ciudades europeas la mayor fuente de molestia en el medio ambiente proviene del tráfico.

Rasmusen (2007), Sostiene que el 30 % de personas en áreas urbanas se despierta con un nivel de ruido de 70 dB(A), así también el 50 % presenta distorsiones y alternaciones del sueño a un nivel de ruido de 50 dB(A), ante estos casos la OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en nivel tolerable y sin afección nocturna que deberías estar expuestos en un área urbana es de 35 dB(A). En el presente estudio se recomienda considerar a la RNAM como una zona de protección especial, y ante ello se deben proyectar medidas mitigantes de afecciones por ruido. Estudios realizados por Reijnen *et al.* (1995) evidenciaron disminución de las densidades de aves expuestas a un nivel de ruido que excede los 50 dB(A), mientras que las aves de los medios forestales son sensibles a niveles bajos de 40 dB(A). Algunas especies que nidifican en zonas con altos niveles de ruido tienen menos éxito reproductivo.

Paniagua *et al.* (2007) reportan que las aves parecen ser especialmente sensibles al ruido del tráfico, pues influye directamente en su comunicación, por lo tanto, puede afectar a su comportamiento territorial y a su tasa de apareamiento. Los posibles efectos del ruido sobre la fauna vertebrada, generalmente va acompañada de otros efectos que generar perturbación como vibraciones, entre otros; que pueden a su vez poseer tanto efectos positivos y negativos para el ave. El impacto sobre el receptor cambia en situaciones de hábitats y especie, siendo un factor de

gran impacto negativo el ruido ante exposiciones de áreas abiertas (Rosell *et al.*, 2002).

En una publicación del diario La Región (2013), se menciona que uno de los problemas contaminantes que ha tomado escasa importancia es la acústica, ocasionando la preocupación de la sociedad que, si bien no tiene efectos inmediatos, los efectos progresivos pueden afectar la salud de las personas, además este contaminante se está incrementando conforme aumenta la población. En la ciudad de Iquitos los niveles de ruido se encuentran entre los 80 y 115 dB(A), problemática que se estaría reflejando en áreas de expansión demográfica como la carretera Iquitos Nauta.

En dicha publicación se manifiesta que las zonas residenciales, así como las especiales como los centros educativos y hospitales deberían estar expuestas a niveles de ruido de aproximadamente 50 dB(A) durante el día y 40 dB(A). En este sentido, las autoridades locales deberían emprender programas o proyectos de mitigación de la contaminación acústica, comenzando por el cumplimiento de las normas vigentes. Concejo Provincial de Maynas, aprobó con fecha 5 de julio de 2006 en acuerdo de Consejo N° 612-SO-MPM la propuesta de implementación de acciones que permitan disminuir los impactos producidos por el tráfico vehicular urbano. Dicha propuesta ha sido ejecutada medianamente y no se han evidenciado los resultados debido a que no han sido fiscalizados sin tener una propuesta consolidada con resultados a la actualidad.

5.5. Mapa de zonificación acústica

La información presente en los mapas elaborados mediante los datos obtenidos de los niveles de ruido en diferentes estaciones de la carretera Iquitos-Nauta, servirán como documento base para conocer los niveles de ruido ambiental y afectación en la población, tal como lo reporta Elejalde y Joya (2015); quienes manifiestan que dicho documento debe ser utilizado como soporte e insumo técnico en la elaboración, desarrollo y elaboración de zonificación y ordenamiento de territorio. Tal como lo

manifiestan Viro *et al.* (2002), quienes aplicaron mapas de ruido como una herramienta básica para la estructuración de medidas de gestión y desarrollo, esta herramienta permite visualizar panorámicamente las áreas que requieren acciones de mitigación inmediata y aquellas áreas propensas a convertirse en zonas críticas.

Los mapas de ruido presentados en el presente informe constituyen mapas de conflicto, donde se representa el exceso de niveles obtenidos con referencia a los niveles diurno y nocturno. Los principales indicadores fueron el nivel equivalente día (L_d), el nivel equivalente noche (L_n) y el nivel equivalente día noche (L_{dn}), presentados por la Unión Europea en la formulación de mapas de ruido estratégicos y planes de acción contra el ruido; tal como lo manifiestan: Rubio *et al.* (2004), departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente (2005) y Recuero *et al.* (2015). Esta medida de indicadora pretende evaluar la molestia que produce el ruido en la población, estos indicadores permiten evaluar el ambiente sonoro general existente a lo largo del periodo diurno (L_d), a lo largo de las 24 horas de un día (L_{dn}) y en un periodo nocturno (L_n), disgregándose este dato por referirse a un periodo especialmente sensible en lo que se refiere a la interferencia del ruido con el descanso de las personas (Recuero *et al.*, 2015). Para contraste con la normatividad vigente (DS N° 085-2003-PCM), el indicador L_d es el resultado de la manifestación de ruido durante un periodo de 15 horas (desde las 7:01 hasta las 22:00 horas), el indicador L_n resulta de la exposición de ruido en un periodo de 9 horas (desde las 22:01 hasta las 7:00 horas), y el indicador L_{dn} resulta de la exposición de ruido en un periodo de 24 horas.

Sin embargo, se tiene que considerar que las mediciones proporcionan información de registros tomados en un tiempo y espacio definido, lo cual podría variar en otras condiciones de alteraciones de flujo vehicular, condiciones atmosféricas adversas, expansiones e implantación de urbe

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Diagnóstico del ruido ambiental en la carretera Iquitos – Nauta

A. El Problema del Ruido

Siendo el ruido un factor que influye negativamente en la salud humana, es consecuencia de actividades de los mismos, el hombre al no proyectarse actividades de ordenamiento de territorio interviene de forma irregular y precaria, tal como está ocurriendo en nuestra sociedad urbana, donde las afecciones auditivas son más frecuentes por contaminación acústica, las exposiciones a niveles de ruido son cada vez más invasivas.

El ruido tiene efectos dañinos considerables en periodos nocturnos, interfiriendo principalmente con el sueño de las personas e incluso pueden causar fatiga, disminución en la capacidad laboral, aumento de la sensibilidad, irritabilidad y agresividad; y hasta pueden llevar a la persona a graves distorsiones psicológicas.

Se hace referencia a una gran alternativa de implementación de una política integral para el control de contaminación acústica, la fuente generadora de ruido es principalmente el tránsito vehicular y este es un contaminante reconocido internacionalmente y responsable del 70 % de contaminación por ruido, cuyos efectos en la salud son expresados en mediano y largo plazo.

B. Principal Fuente de Ruido

En el presente estudio se demuestra que la principal fuente de ruido está relacionada con el tránsito vehicular tanto liviano como pesado. El incremento demográfico (cerca del 2% anual) y expansión de áreas urbanas ha generado mayor demanda de unidades motoras que permitan movilizar a las personas incrementándose el tráfico en sectores antes poco concurridos. Como se ha descrito en el estudio, las fuentes de emisiones de ruido son efectos mecánicos del motor y

dispositivos de escape de las diversas unidades vehiculares, para que estos puedan disminuir los niveles de ruido en la carretera Iquitos – Nauta, se cree accesibles medidas de señalización de tránsito en cuento a la velocidad de acuerdo a las zonas ubicadas en este tramo de la Amazonía, disminuir la velocidad genera menores impactos de ruido.

C. Situación del Ruido en la Carretera

En el entorno de la carretera Iquitos - Nauta, se observa un gran flujo vehicular debido al acceso que brinda a diversos sectores de la Amazonia peruana, así también se observa un aumento poblacional en diversos tramos de la carretera, siendo los más impactados los primeros 20 km, donde se observan zonas residenciales, zonas especiales como clínicas, centros educativos, así como zonas industrias.

Existe una gran ausencia de información de los niveles de ruido presentes en el entorno de la carretera. No se encontraron reportes de inventarios de emisiones en este sector, menos aún de los impactos que ocasiona este contaminante pasivo, pero si se tienen algunos reportes en la ciudad de Iquitos, en el área urbana, el cual solo tenemos como referente de existencia, más no son comparables por aplicar metodologías no estándares.

En el presente estudio se detectó que la generación de ruido por el tránsito rodado se encuentra sobrepasando los límites establecidos en la normatividad peruana (tanto en horario diurno como en horario nocturno) e incluso de lo establecido en las normas internacionales, principalmente en los primeros 10 a 20 kilómetros desde la ciudad de Iquitos.

A lo largo del trayecto de la carretera se han identificado cerca de 16 centros educativos y 05 centros de salud (catalogados en la normatividad peruana como zonas de protección especial), en cuyo entorno los niveles de ruido superan los límites permisibles; incluso si

dichos establecimientos se pudieran encontrar a una distancia de 50 y hasta 100 del borde de la carretera también estarían siendo afectadas por el ruido producido por el tránsito rodado.

D. Criterios Nacionales e Internacionales

El principal criterio nacional se encuentra estipulado en el DS N° 085-2003-PCM que establece los siguientes valores:

Zonas de Aplicación	Valores Expresados En LAeqT	
	Horario Diurno	Horario Nocturno
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

La aplicación de estudios de contaminación sonora, debe enfocarse en métodos comparables, recomendados por la OCDE y la UE, esto nos permitirá tener una mejor visión de lo que ocurre con el ruido tanto en horarios diurnos y nocturnos en la carretera, además ayudará a conocer nuestra situación frente a otras realidades.

Es así que los valores estándares en los diferentes horarios y tipos de zonas de aplicación son referentes consensuados por diversas organizaciones en función a estudios de fuentes emisoras y receptoras que podrían ocasionar daños a la salud, entonces una forma de buscar mecanismos para gestionar acciones que reviertan este mal ha permitido generar protocolos y normas aplicables. En función a ello se ha realizado el presente estudio, el cual puede ser considerado como referente para futuros estudios y comparable en cualquier país.

Estudios como el de Night Noise Guidelines, NNG, for Europe (2009) evidencian diversos efectos en la salud de poblaciones expuestas a condiciones de ruido nocturno superiores a 40 dB(A). A través de

nuestro estudio evidenciamos en algunas estaciones niveles superiores de ruido. Es necesario precisar que se deber tomar acciones para revertir los efectos pasivos que tiene este tipo de contaminante, se debe implementar programas de monitoreo de ruido, tanto de las fuentes emisoras como las receptoras. En algunos países se han tomados medidas temporales expuestas a 55 db(A) en horario nocturno, pero teniendo un tiempo límite para revertirlo; estas medidas son ideales de ser replicadas en nuestra ciudad previa monitores ya antes precisado

E. Medidas de Mitigación de Ruido Propuesta

De acuerdo a lo mencionado en el presente estudio, los niveles de ruido en la carretera superar las zonas de aplicación al cual corresponden, pero no existen exigencias rigurosas que ayuden a mitigar este contaminante posiblemente los efectos pasivos no son prioritarios, a tampoco existe el interés de prevención. Los efectos a largo plazo traen consecuencias muchas veces irreversibles. Por lo mínimo que se podría hacer dar un primer paso y aplicar la legislación nacional, exigir el cumplimiento de la norma, seguidamente un seguimiento de los niveles y puntos críticos identificados en el estudio para ya tomar medidas mitigantes inmediatas.

Es indispensable establecer un enfoque integral de esta problemática, fortalecer convenios con los sectores de transportes, educación y municipalidad de San Juan Bautista permitirían generar impactos positivos para mitigar este contaminante.

Para mitigar los efectos del ruido ocasionado por el transporte rodado en la carretera Iquitos-Nauta, proponemos alternativas enfocadas en tres aspectos: A. legislación ambiental; B. Planeación y construcción de las vías de comunicación, y C. Medidas de mitigación en vías ya construidas.

A. Legislación Ambiental

- Revisión y actualización de la normatividad vigente con el propósito de establecer lineamientos de aplicación accesibles para el control del ruido.
- Implementación de ordenanzas municipales, que permitan regular emisiones de ruido en la carretera.
- Implementar un proceso de fiscalización para el cumplimiento de normas vigentes.
- Planificar de forma controlada el crecimiento poblacional en la zona de la carretera, y área de influencia entre carretera y zonas de protección especial estipuladas en la norma nacional (escuelas, hospitales, entre otros).
- Implementar estrategias de monitoreo para evaluar la fluctuación de los niveles de ruido en horarios diurnos y nocturnos.
- Implementar medidas de castigo para quienes no aplican las medidas mitigantes de ruido emitido en la carretera Iquitos Nauta.
- Implementar programas estratégicos que permitan internalizar los costos generado de externalidades por el tráfico de vehículos.

B. Planeación y construcción de las vías de comunicación

- Proyección de vía: Rediseñar el asfaltado de la carretera en tramos identificados como zonas críticas, implementando un diseño contra restante al ruido producido por los vehículos.
- Limitar la velocidad en tramos críticos (especialmente en zonas de protección especial).
- Garantizar la fluidez del transporte implementando medidas de señalización y alerta de velocidad. Así también sería ideal reorganizar los horarios de circulación de maquinarias pesadas en horario diurno, ya que son los que más ruido

producen y afectan la salud de las personas en horario nocturno.

C. Medidas de mitigación en vías ya construidas o por construir

- Implementación de barreras acústicas de origen vegetal, como especies nativas de la Amazonía peruana con características peculiares que permitan disipar el ruido generado por los vehículos.
- Construcción de barreras acústicas (principalmente en zonas de protección especial), que permitan disminuir en aproximadamente entre 5 a 10 dB(A).
- Implementar medidas que exijan a los vehículos a pasar una revisión técnica, donde se debe restringir el tránsito de los vehículos ruidosos, principalmente en horarios nocturnos.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

El ruido emitido por el transporte en la carretera Iquitos Nauta se un contaminante pasivo de gran importancia en este sector de la Amazonía peruana. Los niveles de ruido de los primeros 10 kilómetros de recorrido hacia la ciudad de Nauta, superan lo establecido en la normatividad peruana e incluso cualquier normatividad vigente extranjera, excediendo en algunos casos valores de 90 dB(A).

La evaluación de las fuentes móviles de generación de ruido evidenció que, a mayor flujo vehicular mayor ruido, ocasionando contaminación acústica por sectores; siendo los vehículos pesados lo que más aportan a esta contaminación.

La mayor intensidad de flujo vehicular en los primeros 20 kilómetros desde Iquitos y el kilómetro 92, trae consigo una marcada contaminación auditiva, lo cual no se relaciona con las condiciones meteorológicas estudiadas.

Se identificaron 21 zonas de protección especial (16 centros educativos y 05 centros de salud), superando los niveles de ruido registrados en la mayor parte los límites establecidos en la normatividad peruana (DS N° 085-2003-PCM), tanto en horario diurno como en horario nocturno. El ruido generado por el tránsito vehicular se extiende incluso hasta cerca de los 100 metros de distancia desde la carretera hacia los lados.

Se ha generado una gran herramienta de gestión de ruido, constituido por mapas de ruido elaborados a partir de datos de campo y los niveles de ruido reglamentados tanto en horario diurno como en horario nocturno; información que servirá como línea base para futuros proyectos o programas de monitoreo de ruido generados de diversas fuentes como los vehículos motorizados.

CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES

Se precisa la implementación de programas que permitan disminuir los niveles de ruido emitidos en la carretera Iquitos - Nauta priorizando zonas especiales, como la implementación de barreras naturales, como plantas nativas con características particulares como follaje frondoso, porte mediano de 5 – 15 m, hojas cartáceas o coriáceas, como algunas especies de las familias Clusiaceae, Moraceae, Rutaceae, así también se pueden implementar barreras artificiales como pantallas de vidrio, aluminio y concreto que cumplan la función de disminuir los decibeles que sobrepasan los límites saludables.

Sería relevante la implementación de convenios entre entidades competentes con el medio ambiente, donde se agenden temas con resultados de largo plazo que garanticen cambios positivos como sensibilización en la población que utiliza la fuente contaminante, como en la población afectada, con ello se esperaría minimizar la contaminación acústica que repercute en la población humana, sin embargo, aún queda un vacío de información del grado de afección en la fauna habitante del área estudiada

Los establecimientos de recreación se encuentran aproximadamente a 50m del borde de la carretera, es necesario incluir estos establecimientos dentro de las zonas de protección especial ya que concurren muchas familias enteras con la presencia de niños que estarían siendo afectados por niveles de ruido. Así mismo, la reserva nacional Allpahuayo Mishana también debería ser considerada dentro de las zonas de protección especial, al menos en la normatividad regional considerando que es la única reserva que se encuentra al borde de una carretera.

Fortalecer o implementar dependencias que evalúen específicamente la problemática de contaminación acústica, donde se atiendan las denuncias de los ciudadanos y se formulen mecanismos de control, seguimiento, evaluación y monitoreo de las fuentes de ruido.

CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBIENTE CONSULTORES. 2001.** Informe final: Elaboración e propuesta de normativa para la regulación de la contaminación acústica generada por carreteras y autopistas. Publicado en: http://www.sinia.cl/1292/articles-28774_Texto_Informe_RuidoCarreteras.pdf Revisado en Julio de 2016.
- BERGLUND, B.; T. LINDVALL; D. SCHWELA. 2000.** Guía para el ruido urbano. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS. 14 pp.
- CABELLO, L.; R. TOME. 2007.** Mapas estratégicos de ruido de carreteras: estudio del caso concreto de la provincia de Valencia. Comunicación Técnica. Noveno Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA). 14 pp.
- CAMPUZANO, M.; L. BUSTAMANTE; M. KARAM; N. RAMIREZ. 2010.** Relación entre ruido por carga vehicular, molestia y atención escolar en estudiantes de nivel básico de la ciudad de Toluca 2004. México. *Ciencia Ergo Sum* (17): 46 – 50 pp.
- DEPARTAMENTO DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE. 2005.** Guía metodológica para la realización de mapas de ruido. Disponible en: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informacion/ruido/es_977/adjuntos/guia_ruido.pdf Revisado en Julio de 2016.
- DIARIO LA REGIÓN. 2013.** La intensa contaminación sonora en Iquitos llega hasta los 115 decibeles. Publicada el 30 de enero. Disponible en: <http://diariolaregion.com/web/la-intensa-contaminacion-sonora-en-iquitos-llega-hasta-los-115-decibeles/> Revisado en Julio de 2016.
- ELEJALDE H. D.; A. M. JOYA. 2015.** Actualización de los mapas de ruido de la zona urbana de los municipios de Medellín, Bello e Itagüí. Disponible en: <http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/isodocMapasRuido/Informe%20Bello%20Mapa%20de%20Ruido.pdf> Revisado en Julio de 2016.
- GONZÁLEZ, C.; M. BUSTAMANTE; L. KARAM; M. RAMÍREZ DURÁN; N. RAMÍREZ. 2010.** Relación entre ruido por carga vehicular, molestia y atención escolar en estudiantes de nivel básico de la ciudad de Toluca 2004. *Ciencia Ergo Sum*. 17(1): 46-50 pp.

- HARRIS, C. M. 1995.** Manual de medidas acústicas y control de ruido. Editorial Mc Graw-Hill. 3^{era} edición. Volumen I (Cap. 1, 3, 5, 9, 11, 18, 47, 50 y 54). Madrid. 1208 pp.
- ISING H.; ISING M. 2002.** Chronic cortisol increases in the first half of the night caused by road traffic noise. *Noise an health (1)*: 13-21 pp.
- LÓPEZ, M.; R. CORREA. 2010.** Resultados, conclusiones y recomendaciones de los mapas de ruido ambiental para el municipio de Armenia, Departamento del Quindío. Publicado en: http://www.sisaire.gov.co:8080/faces/docsInfoRuido/22-3-2016-9-27-24-78-1-0informe_final_mapas_de_ruido_ambiental_para_el_municipio_de_Armenia_2013-2014.pdf Revisado en Julio de 2016.
- MARTÍNEZ, A. 2005.** Ruido por tráfico urbano: conceptos, medidas descriptivas y valoración económica. *Revista de Economía y Administración 66(3)*: 1-42 pp.
- MENDOZA S. J.; P. M. FLORES; G. R. TÉLLEZ Y CH. O. RASCÓN. 2002.** El impacto ambiental de ruido generado por el transporte carretero y su valoración hacia un transporte sustentable. Instituto Mexicano del Transporte. Pub. Téc. N° 187. México.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. 2009.** Establecen límites máximos permisibles para ruidos de la actividad de la construcción. Exposición de motivos. Perú
- MIYARA, F. 2005.** ¿Ruido o señal? La otra información. En defensa del registro digital del ruido urbano. Disponible en: <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/reg-dig.pdf> Revisado en Diciembre de 2011.
- MORALES, S. V.; A. LLOPIS; A. C. MASSO Y C. E. FERRER. 1993.** Noise in the city of Valencia: Its relation to other air level contaminants. *JEPTO (12) 2*: 13-18 pp.
- OHIO DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. 2016.** Statewide Investigation of Noise Abatement Alternatives. Disponible en: http://www.strongsville.org/content/documents/ODOT_Ch_3_Fundamentals_of_Highway_Traffic_Noise.pdf Revisado en Julio de 2016.
- ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL (OEFA). 2011.** Evaluación rápida del nivel de ruido ambiental en las ciudades de Lima, Callao, Maynas, Coronel Portillo, Huánuco, Cusco y Tacna. Informe técnica de la dirección de evaluación de la OEFA. Disponible en:

<http://cdam.minam.gob.pe/novedades/evaluacionruidoambienta2.pdf>
Revisado en Julio de 2016.

ORGANIZACIÓN DE COOPERACIÓN DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE). 1995. Reducción de Ruido en el Entorno de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, Dirección General de Carreteras. Francia. 197 pp.

OUIS D. 1999. Exposure to nocturnal road traffic noise: sleep disturbance and its after effects. *Noise an health (1) 4*: 11-36 pp.

PANIAGUA D.; A. ILLANA; J. ECHEGARAY. 2007. Impacto de las infraestructuras de transporte sobre la naturaleza en el territorio histórico de Álava. Informe realizado por GADEN con la colaboración del Dpto. de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco. 151 pp.

PUEYO E. JAVIER, GARCÍA L. JOSÉ & LARRAZ D. CARLOS. 2000. Terreno en un S.I.G. para el estudio de la dispersión y disminución del ruido generado por transportes. Universidad del País Vasco. Departamento de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería.

QUEZADA B. ROBERTO. 2002. El ruido en la planificación territorial comuna de providencia. Universidad Austral de Chile. Tesis presentada para optar al grado de Licenciado en Acústica y al Título Profesional de Ingeniero Acústico.

RASMUSSEN, H. 2007. Medición de Fuentes Móviles, sus Estrategias, selección de puntos de Monitoreo, manejo y Confiabilidad de la Información. Seminario Técnico Administrativo del Ruido Causado por Fuentes Móviles (Tráfico rodado). Colombia. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/acusticatransito.pdf>
Revisado en Julio de 2016.

RECUERO, M.; C. ASENSIO; I. PAVÓN; S. GARCÍA; P. MÉNDEZ. 2015. Mapa estratégico de ruido 2^{da} parte. Disponible en: http://pmi.palmademallorca.es/mapaestrategicrenous2015/MER/Informe_MER_Palma2015.pdf Revisado en Julio de 2016.

REIJNEN R.; R. FOPPEN; C. BRAACK; J. THISSEN. 1995. The effects of car traffic on breeding bird populations in Woodland. III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. *Journal of Applied Ecology (1) 32*: 187 – 202 pp.

ROSELL C.; G. ÁLVAREZ; S. CAHILL; R. CAMPENY; A. RODRIGUEZ; A. SÉLLER. 2002. La fragmentación del hábitat en relación con las

infraestructuras de transporte en España. Ministerio de Medio Ambiente. Informe Inédito. 317 pp. Madrid.

RUBIO, J.; F. SEGUÉS; M.D. JIMÉNEZ. 2004. Elaboración de mapas de ruido de carreteras. Disponible en: http://www.carreteros.org/planificacion/2004/2004_5.pdf Revisado en Julio de 2016.

SEGISTÁN C. ROSEMARY. 2006. Mitigación del ruido Política pública fundamental que protege la calidad de vida humana y ambiental. Cuadernos Nacionales 9. Tercera época. Instituto de Estudios Nacionales (IDEN). Panamá.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA (SEA). 1991. El ruido en la ciudad, gestión y control. Ayuntamiento de Madrid. España.

SRIVASTAVA, J. B.; A K GUPTA & S. K. KHANNA. 2010. Evaluacion De Ruido Y Contaminacion En Una Autopista De La India. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

TORRAS, S.; M. FLORES; R. TÉLLEZ; O. RASCÓN. 2003. Propuesta de normatividad mexicana para regular el ruido que genera la operación del transporte carretero. Documento Técnico N° 30. Secretaria de comunicaciones y transportes instituto mexicano del transporte. Sanfandila – México. 39 pp.

VALDEBENITO, M. 2004. Optimización del método de medición de nivel de ruido en vías urbanas con transporte público de pasajeros. Universidad Austral de Chile. Tesis para optar por el título licenciado en acústica. 156 pp.

VÁSQUEZ, D. & V. BARNETT. 2011. Contaminación sonora y su influencia en el estado de stress de las personas en la ciudad de Iquitos. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Tesis para optar por el título profesional de Magister en Gestión Ambiental. 96 pp.

VIRO, G. E.; O. J. BONELLO; D. S. GAVINOWICH; F. RUFFA. 2002. Protocolo de mediciones para trazado de mapas de ruido normalizados. Disponible en: <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/protoc-fiuba.pdf> Revisado en Julio de 2016.

YOZA, L.; O. CHÁVEZ; S. DAVID; L. LEZCANO. 2004. Ruido Ambiental en el Campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina. Dpto. de Ingeniería Ambiental Física y Meteorología. 19 pp.

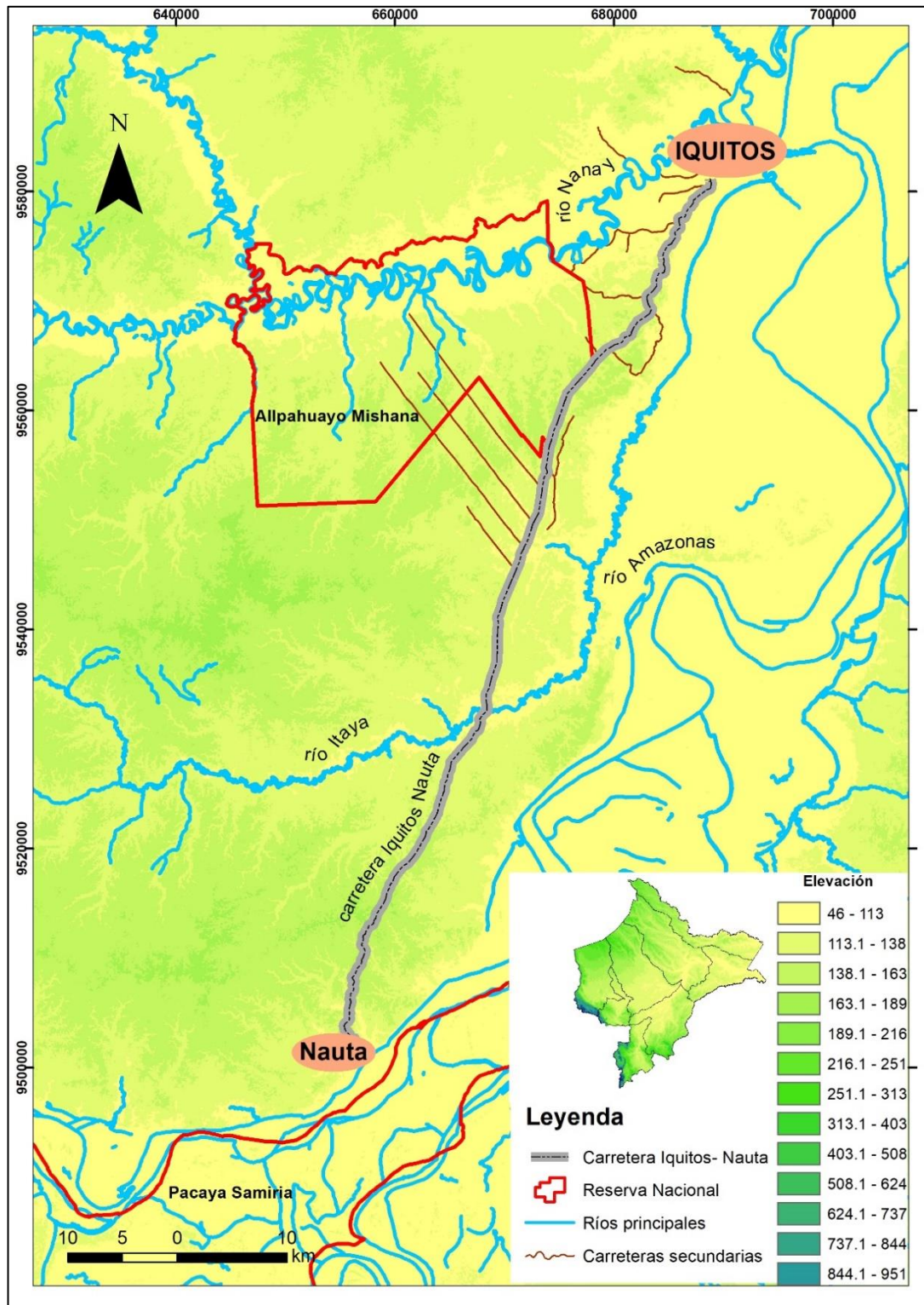
ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia
ZONIFICACIÓN ACÚSTICA DE LA CARRETERA IQUITOS - NAUTA

TITULO:

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
<p>¿Existe asociación entre los niveles de ruido ambiental y la distancia de recorrido de la carretera Iquitos – Nauta en horario diurno y nocturno?, ¿Existe asociación entre el nivel de ruido ambiental y la intensidad del tránsito vehicular de la carretera en horario diurno y nocturno?, ¿Existe relación entre el nivel de ruido ambiental y las condiciones meteorológicas (dirección y velocidad del viento, temperatura y humedad) de la carretera?, ¿Se diferencian zonas críticas de contaminación acústica en la carretera Iquitos Nauta de acuerdo al DS 085-2003-PCM?</p>	<p>Altos niveles de ruido ambiental están asociados a distancias cercanas a la ciudad de Iquitos y/o Nauta.</p> <p>Altos niveles de ruido ambiental están asociados a mayores intensidades (flujos) de tránsito vehicular.</p> <p>Los niveles de ruido ambiental de la carretera Iquitos están relacionados con las condiciones meteorológicas (dirección y velocidad del viento, temperatura y humedad). A favor de viento los niveles de ruido se incrementan; a mayor temperatura, los niveles de ruido se incrementan; a mayor humedad relativa, los niveles de ruido decrecen.</p>	<p>General:</p> <p>Realizar una zonificación de los niveles de ruido ambiental emitidos en la carretera Iquitos - Nauta, destacando puntos críticos de contaminación acústicas que sobrepasen los límites establecidos por el DS 085-2003-PCM.</p> <p>Específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinar la asociación entre el nivel de ruido ambiental y la distancia de recorrido de la carretera Iquitos – Nauta en horario diurno y nocturno. Determinar la asociación entre el nivel de ruido ambiental y la intensidad del tránsito vehicular de la carretera en horario diurno y nocturno. Determinar la relación entre el nivel de ruido ambiental y las condiciones meteorológicas (dirección y velocidad del viento, temperatura y humedad) de la carretera. Identificar zonas críticas de contaminación acústica de acuerdo al DS 085-2003-PCM. Realizar un mapa zonificación de los niveles de ruido de la carretera Iquitos – Nauta. 	<p>Variables Independiente (Y):</p> <p>Distancia de la carretera</p> <p>Intensidad de tránsito vehicular</p> <p>Condiciones meteorológicas (dirección y velocidad del viento, temperatura y humedad).</p> <p>Variable Dependiente (X):</p> <p>Niveles de ruido ambiental</p>	<p>X1: Distancia de carretera hacia la ciudad más cercana</p> <p>X2: Número de vehículos por unidad de tiempo</p> <p>X3: Dirección y velocidad del viento.</p> <p>X4: Datos de temperatura</p> <p>X5: Datos de humedad relativa.</p> <p>Y1: Cantidad de decibelios</p>	<p>Kilómetros (Km)</p> <p>Vehículos / hora</p> <p>E,W,N,S / m/s</p> <p>°C</p> <p>%</p> <p>Decibeles (dB)</p>

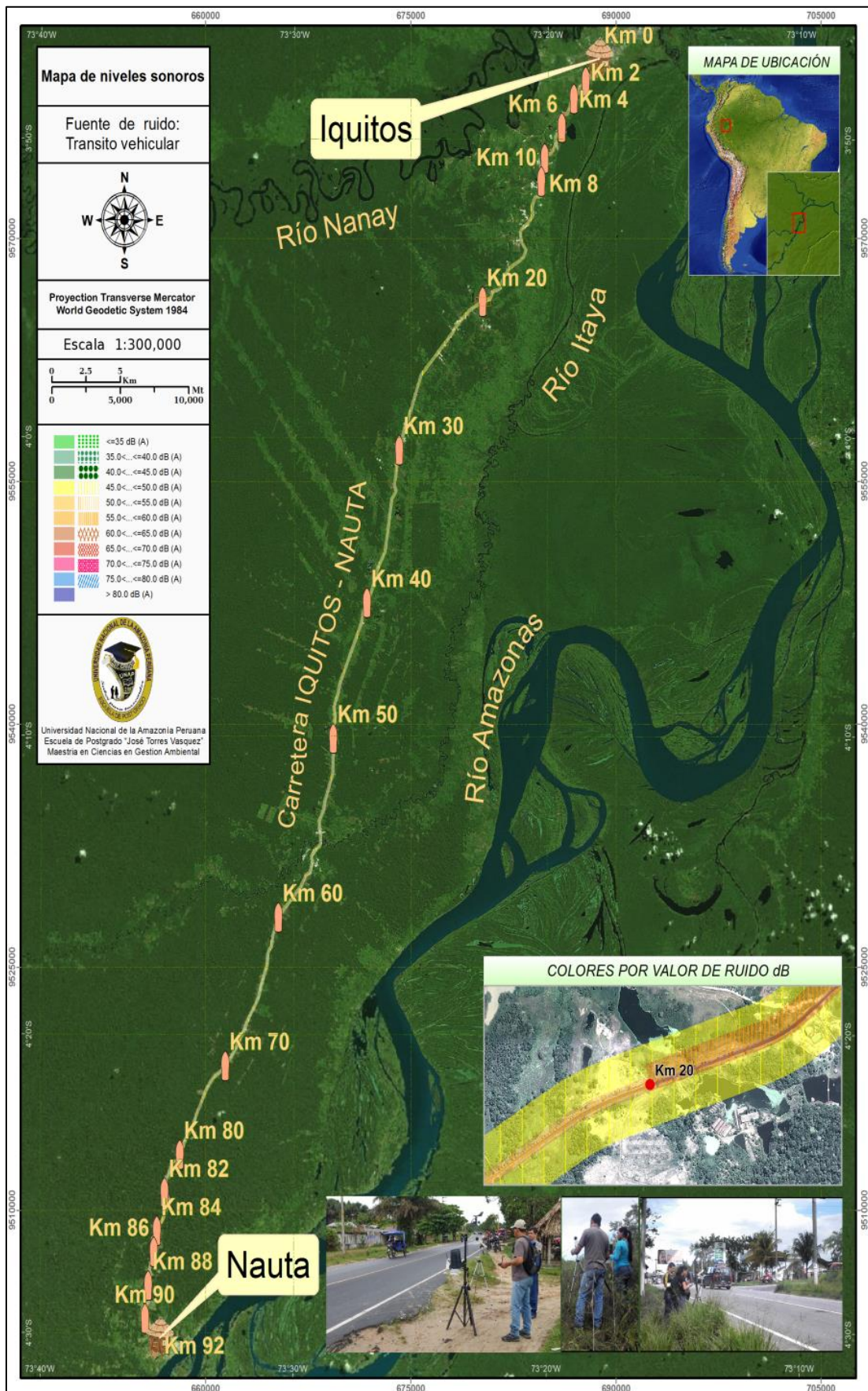
Anexo 2: Mapa del Área de Estudio



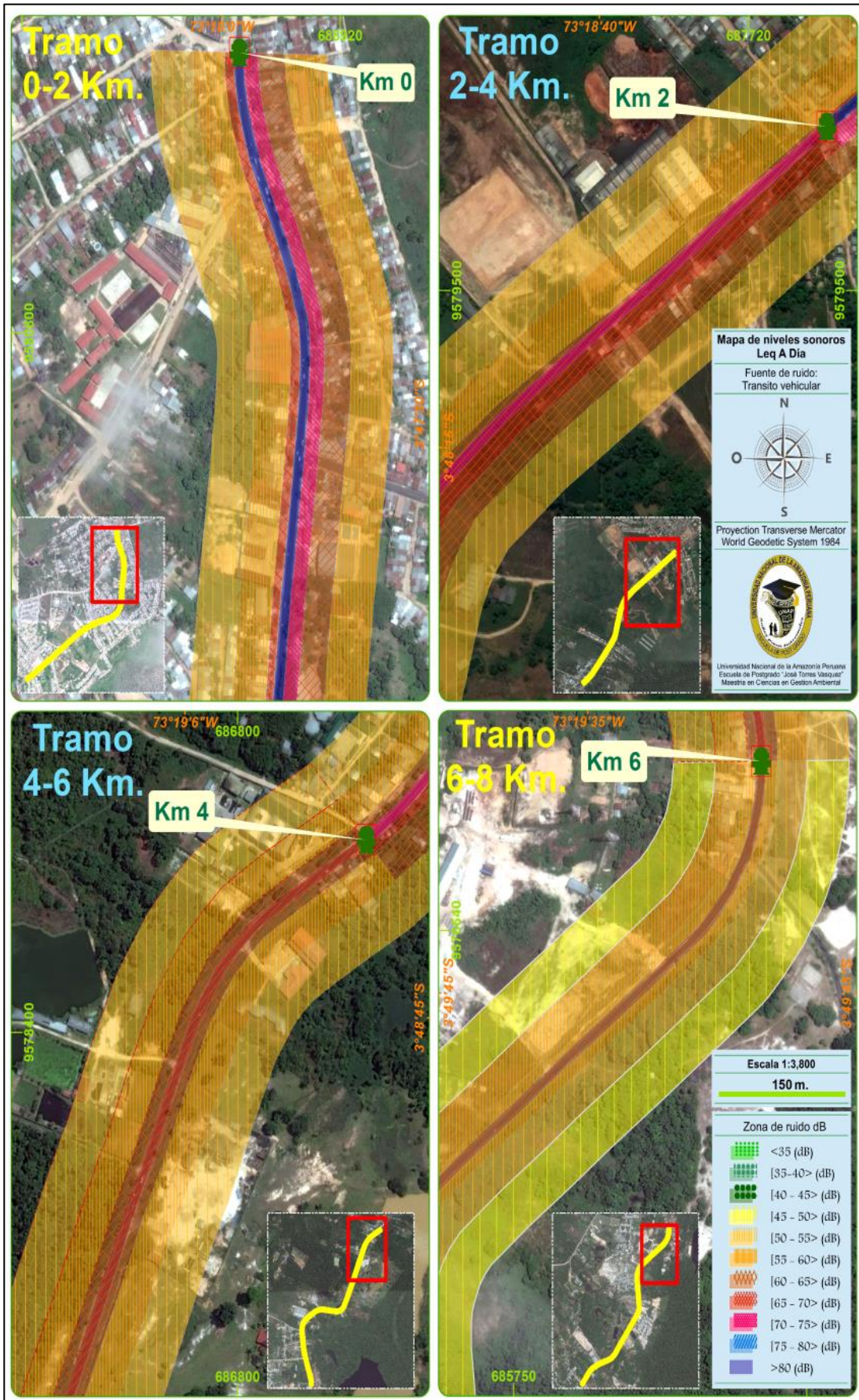
Anexo 4: Principales Zonas de Protección Especial ubicadas en el área de estudio

Zona de Protección Especial	Nombre	Ubicación	Coordenada	
			Norte	Este
Centro Educativo	Colegio Inca Manco Cali	Km 1.0	688846	9580455
Centro de Salud	Clínica de Ojos	Km 2.0	688122	9579920
Centro de Salud	Clínica San Juan de Dios	Km 2.7	687469	9579408
Centro Educativo	Colegio Quistococha	Km 5.7	685932	9577264
Centro de Salud	Puesto de Salud Quistococha	Km 5.7	685932	9577264
Centro de Recreación	Centro de Recreación Quistococha	Km 6.3	686026	9576720
Centro Educativo	IE María Antonieta Rodríguez Macedo	Km 10.8	684639	9572810
Centro Educativo	IEI CJN Divino Niño Jesús	Km 10.8	684638	9572758
Centro de Recreación	CR El Encanto de la laguna	Km 21.5	678975	9565242
Centro de Recreación	CR La Jungla	Km 22.2	678505	9564770
Centro de Recreación	CR Amazon Paradise	Km 23.0	678009	9564126
Centro de Recreación	CR Sub Cafae Los Paucares	Km 24.5	677006	9562980
Reserva Nacional	CIA- RNAM	Km 26.6	675675	9561335
Centro Educativo	IEPSM 601331-536 13 de febrero	Km 33.0	673929	9555358
Centro Educativo	CE Paujil	Km 35.4	673490	9553037
Centro de Salud	CLAS "El Paujil"	Km 35.5	673472	9552905
Centro Educativo	CE 6010230 Barba de Achille	Km 38.8	672646	9549730
Centro Educativo	CEI N° 538 Ex Petroleros	Km 41.3	671782	9547463
Centro Educativo	IEPMN° 812 El Triunfo	Km 48.5	669449	9540680
Centro Educativo	CEIPM 601563 La Habana	Km 54.0	668733	9535251
Centro Educativo	IEI 821 Rosa Lomas Bartra	Km 56.0	668352	9533427
Centro Educativo	IEPPM KM 70	Km 70.0	662786	9521127
Centro Educativo	IEPPM KM 74	Km 74.0	660575	9518255
Centro Educativo	IEPPM 601583 Divino Maestro	Km 84.0	656687	9509775
Centro Educativo	CE Nauta	Km 92.5	656782	9502113
Centro de Salud	Es Salud CAPII Nauta	Km 93.0	657012	9501783
Centro Educativo	IEEBB N° 60520 Miguel Grau Seminario	Km 93.3	657077	9501790

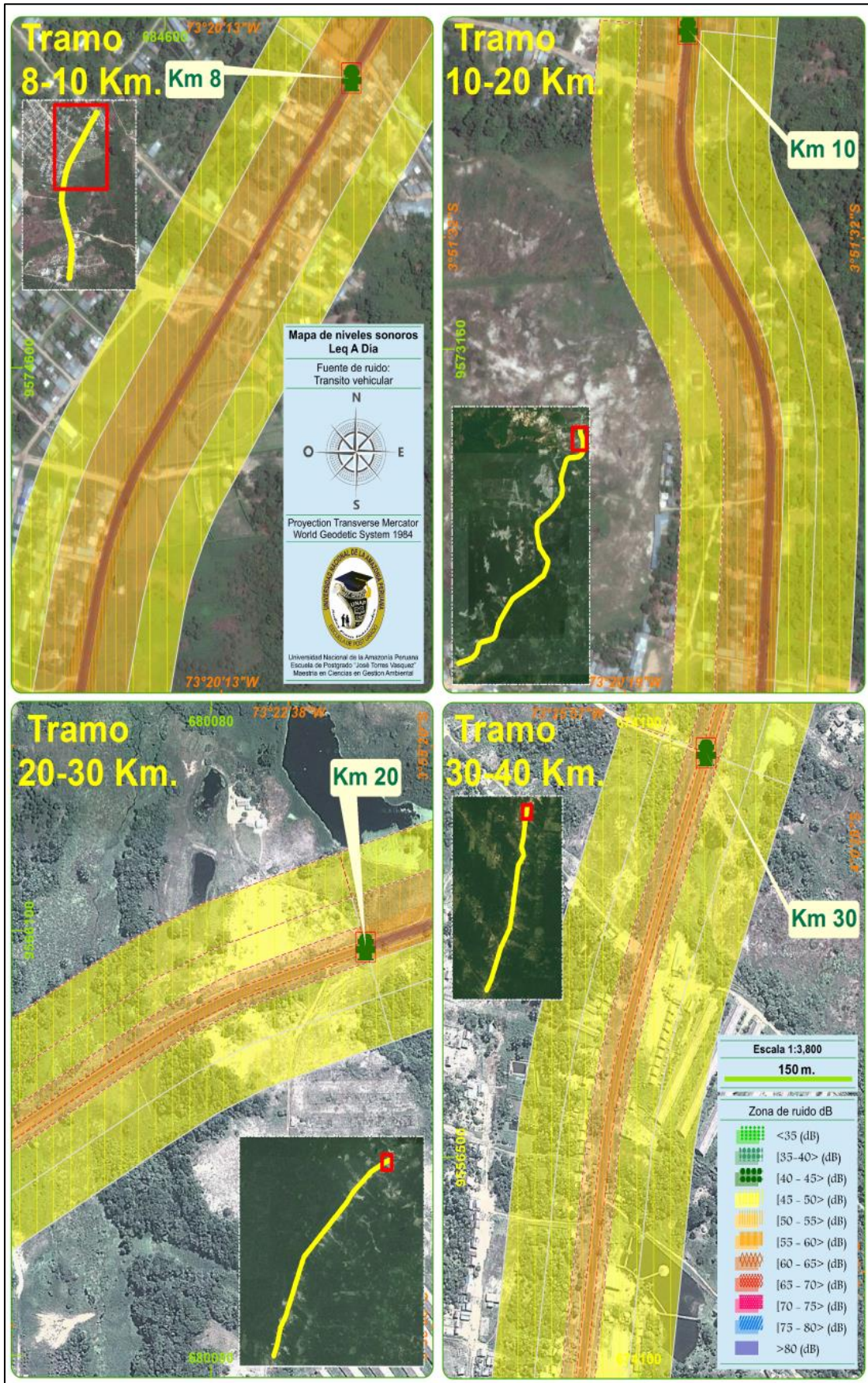
Anexo 5: Mapa de Ruido (Lden) de la Carretera Iquitos-Nauta



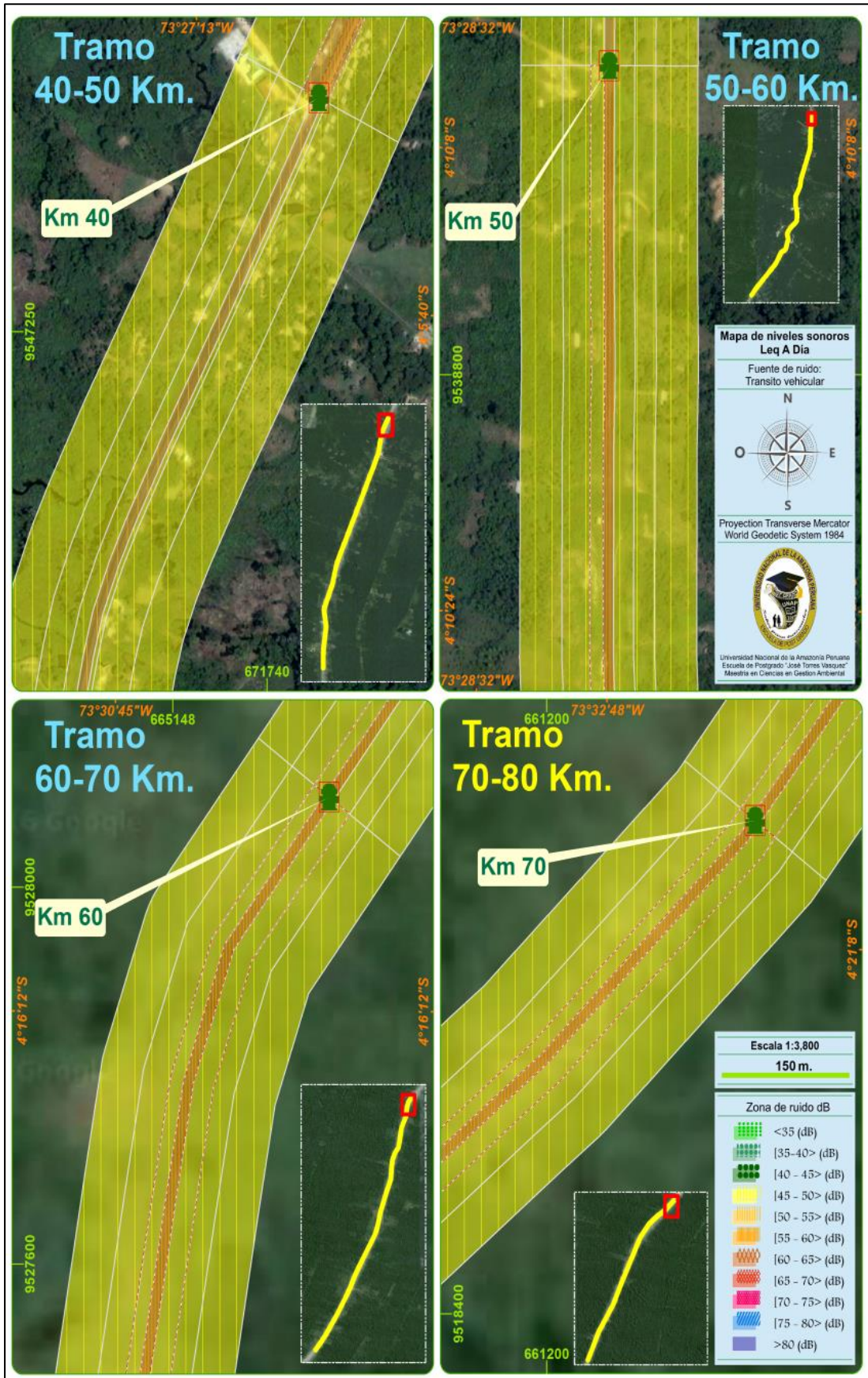
Anexo 6: Mapa de zonificación Acústica (Leq A día), 0 al 8 km



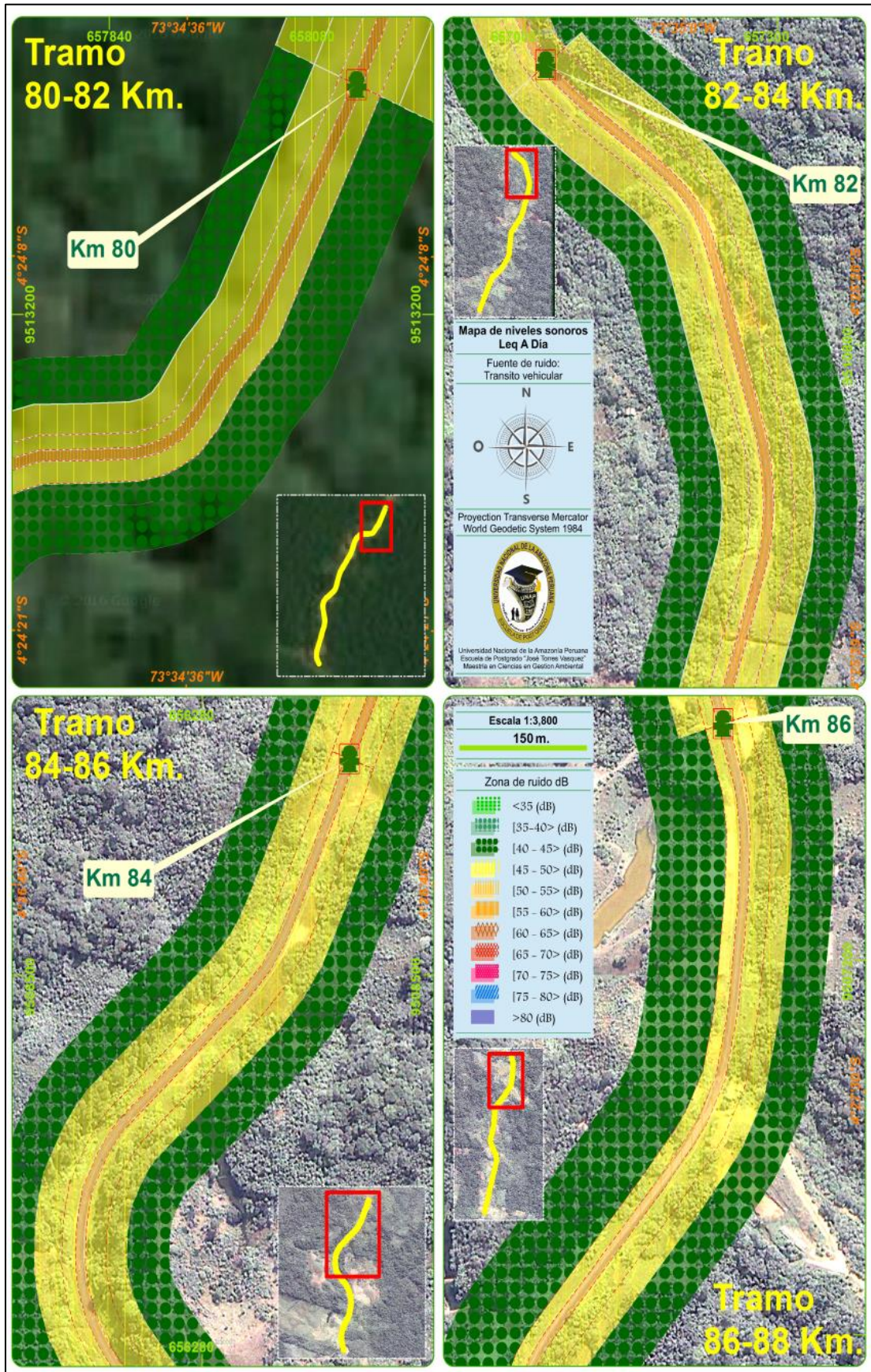
Anexo 7: Mapa de zonificación Acústica (Leq A día), 8 – 40 km



Anexo 8: Mapa de zonificación Acústica (Leq A día), 40 – 80 km



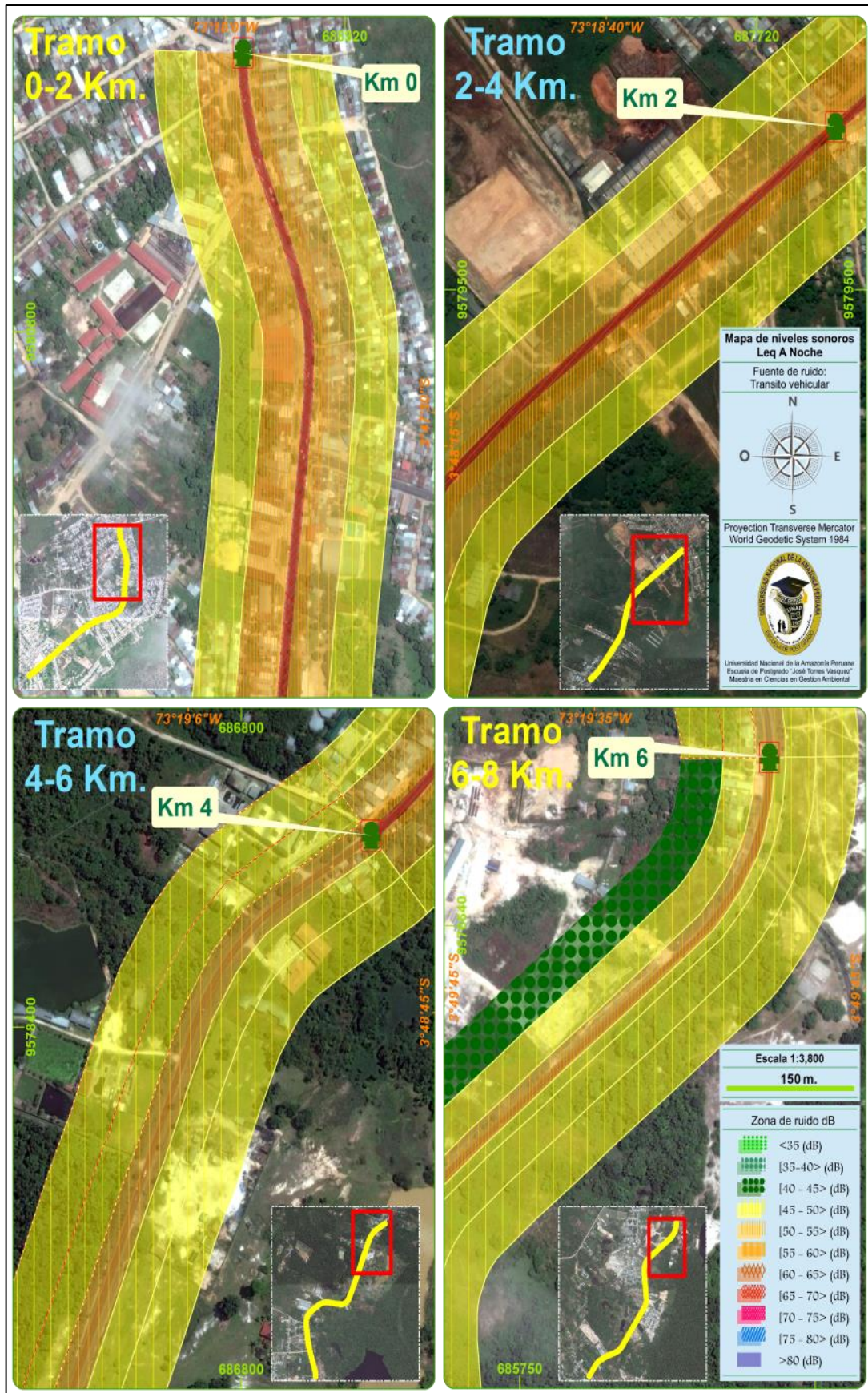
Anexo 9: Mapa de zonificación Acústica (Leq A día), 80 – 88 km



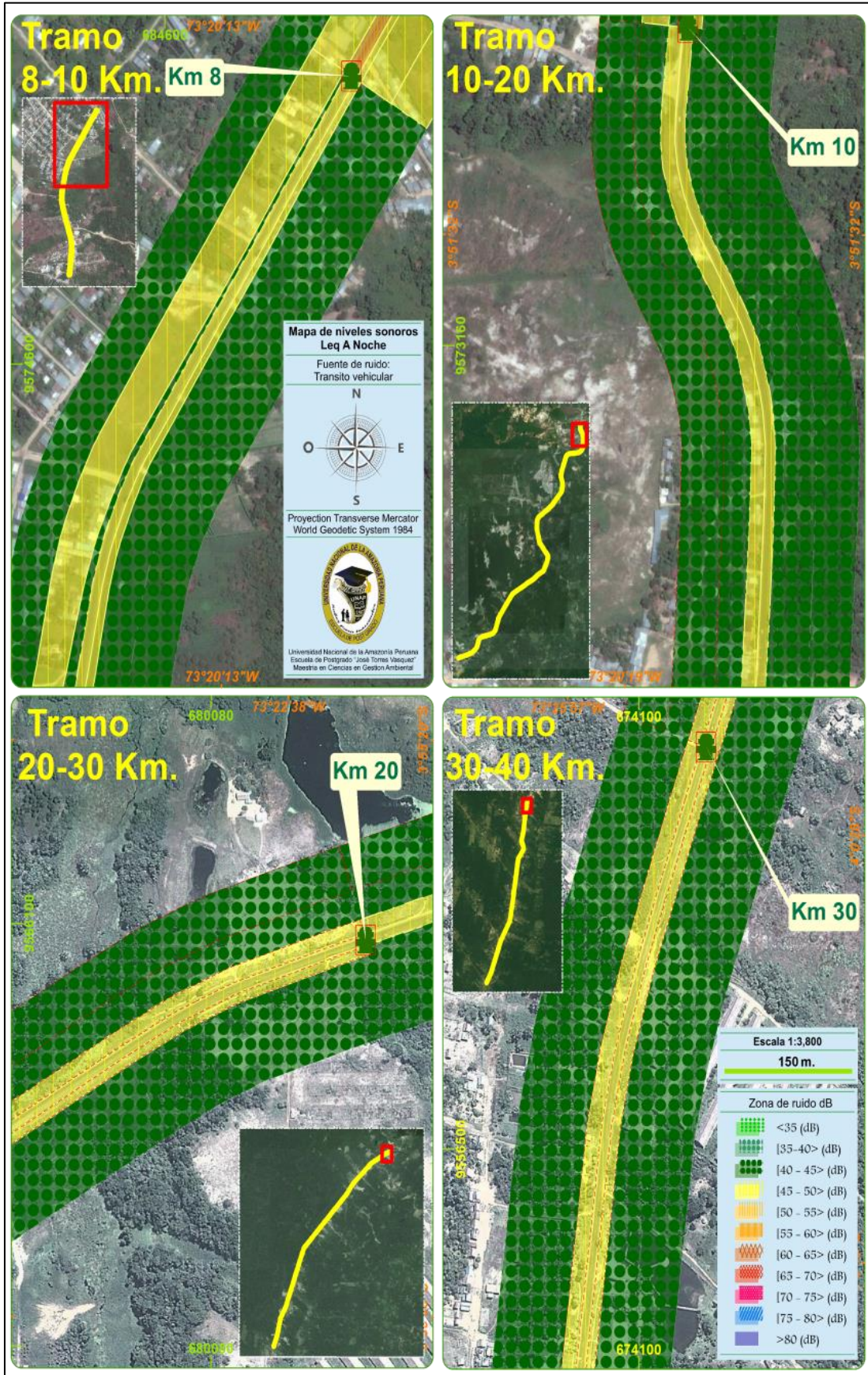
Anexo 10: Mapa de zonificación Acústica (Leq A día), 88 – 94 km



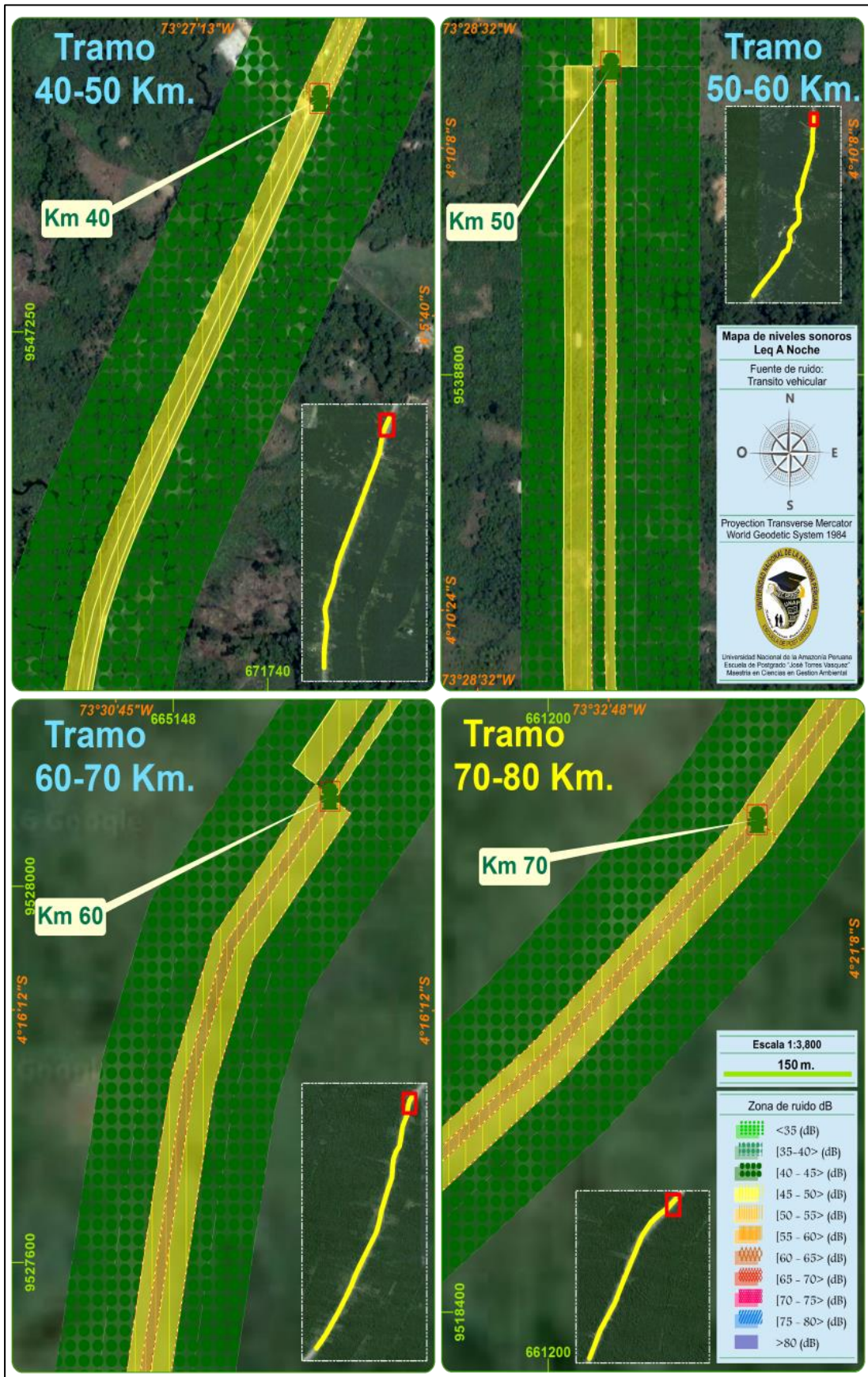
Anexo 11: Mapa de zonificación Acústica (Leq A noche), 0 – 8 km



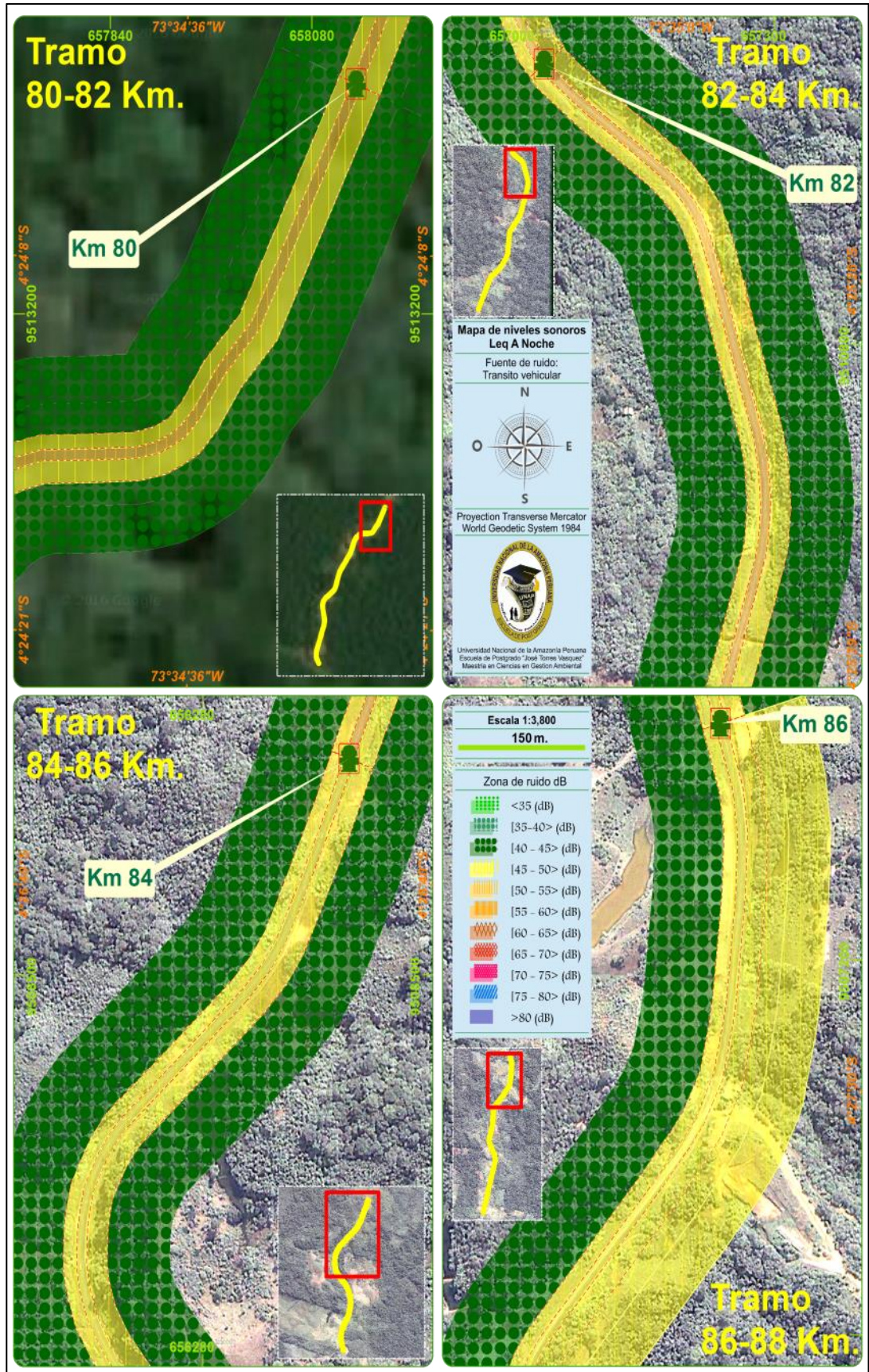
Anexo 12: Mapa de zonificación Acústica (Leq A noche), 8 – 40 km



Anexo 13: Mapa de zonificación Acústica (Leq A noche), 40 - 80 km



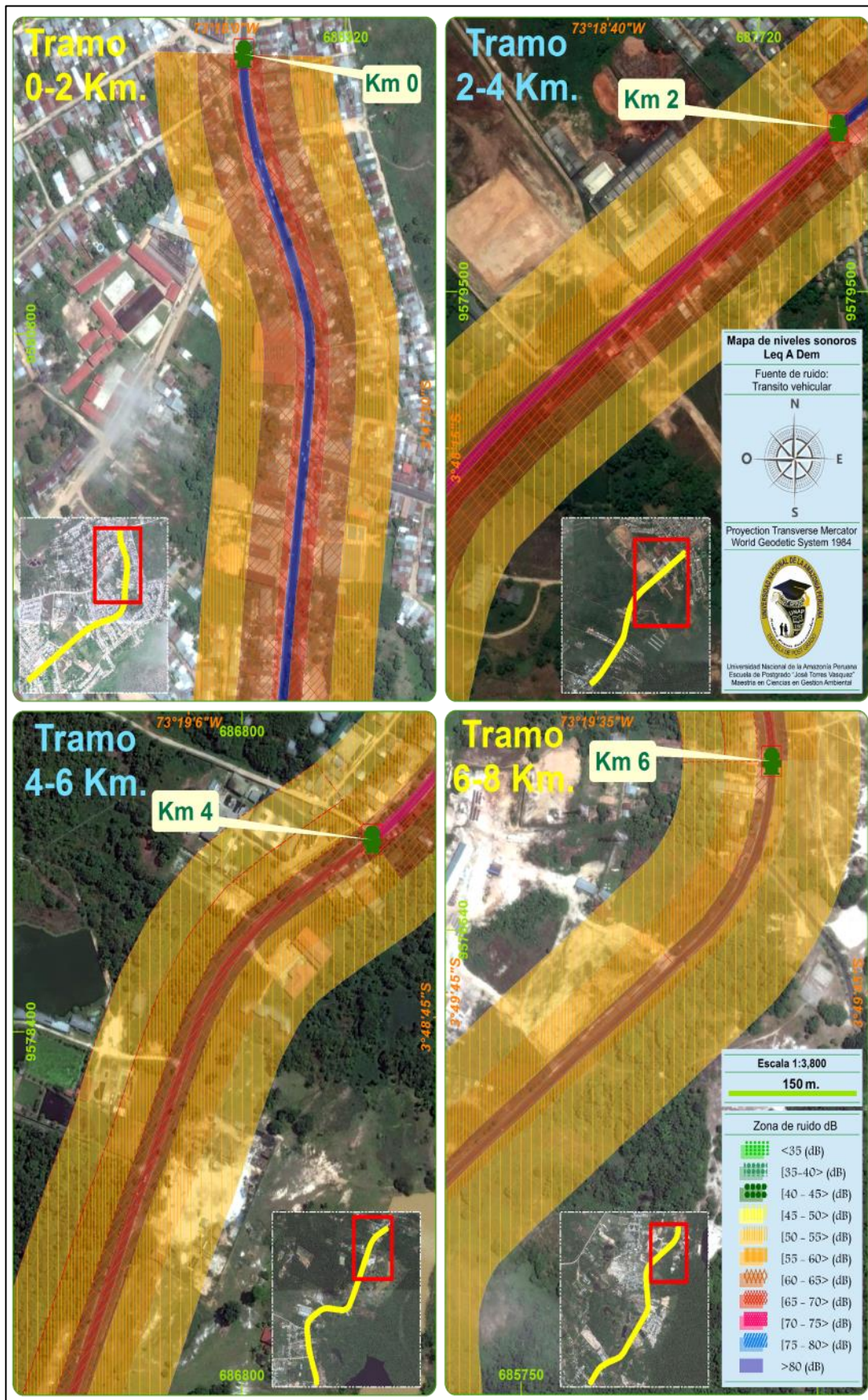
Anexo 14: Mapa de zonificación Acústica (Leq A noche), 80 – 88 km



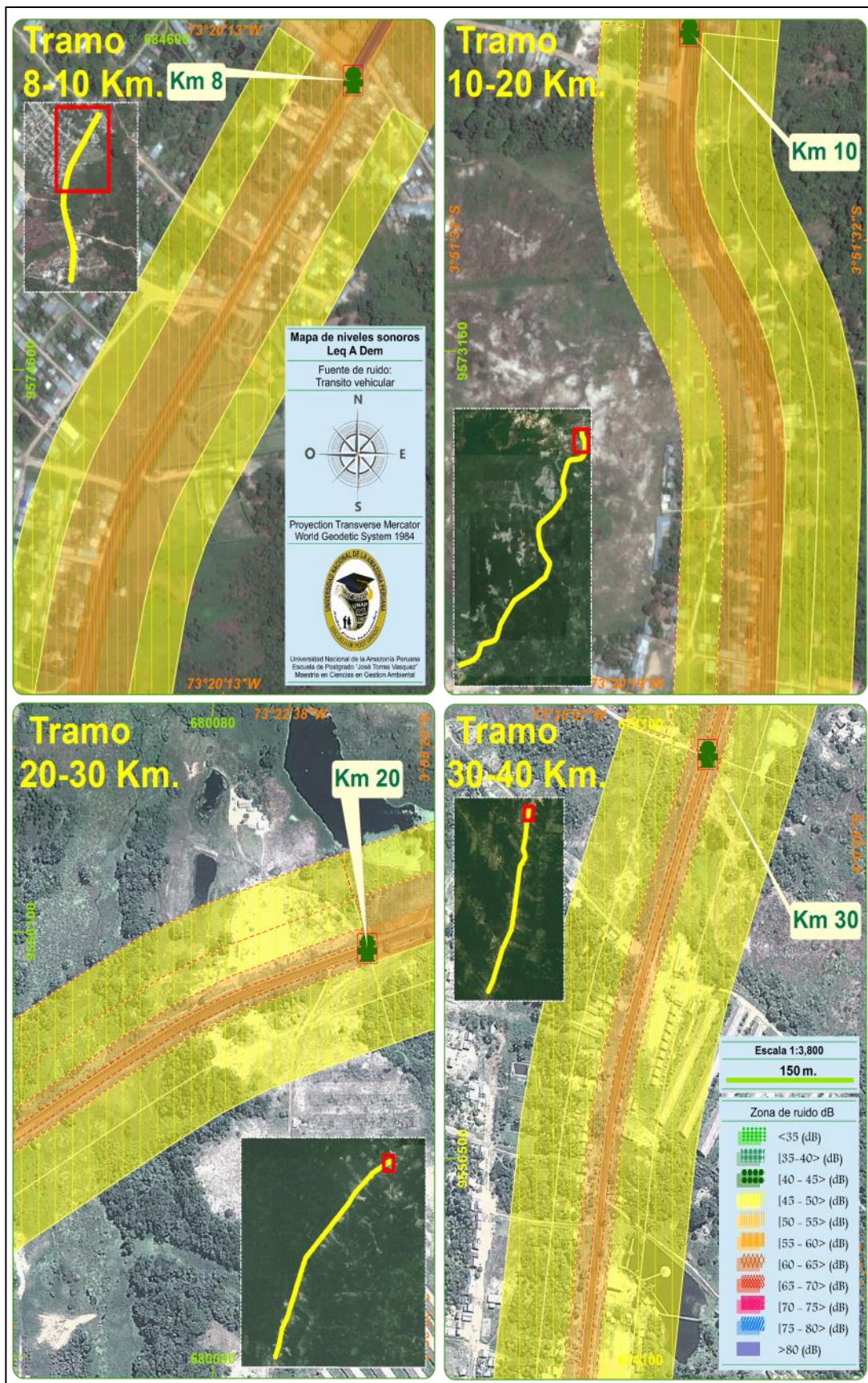
Anexo 15: Mapa de zonificación Acústica (Leq A noche), 88 – 94 km



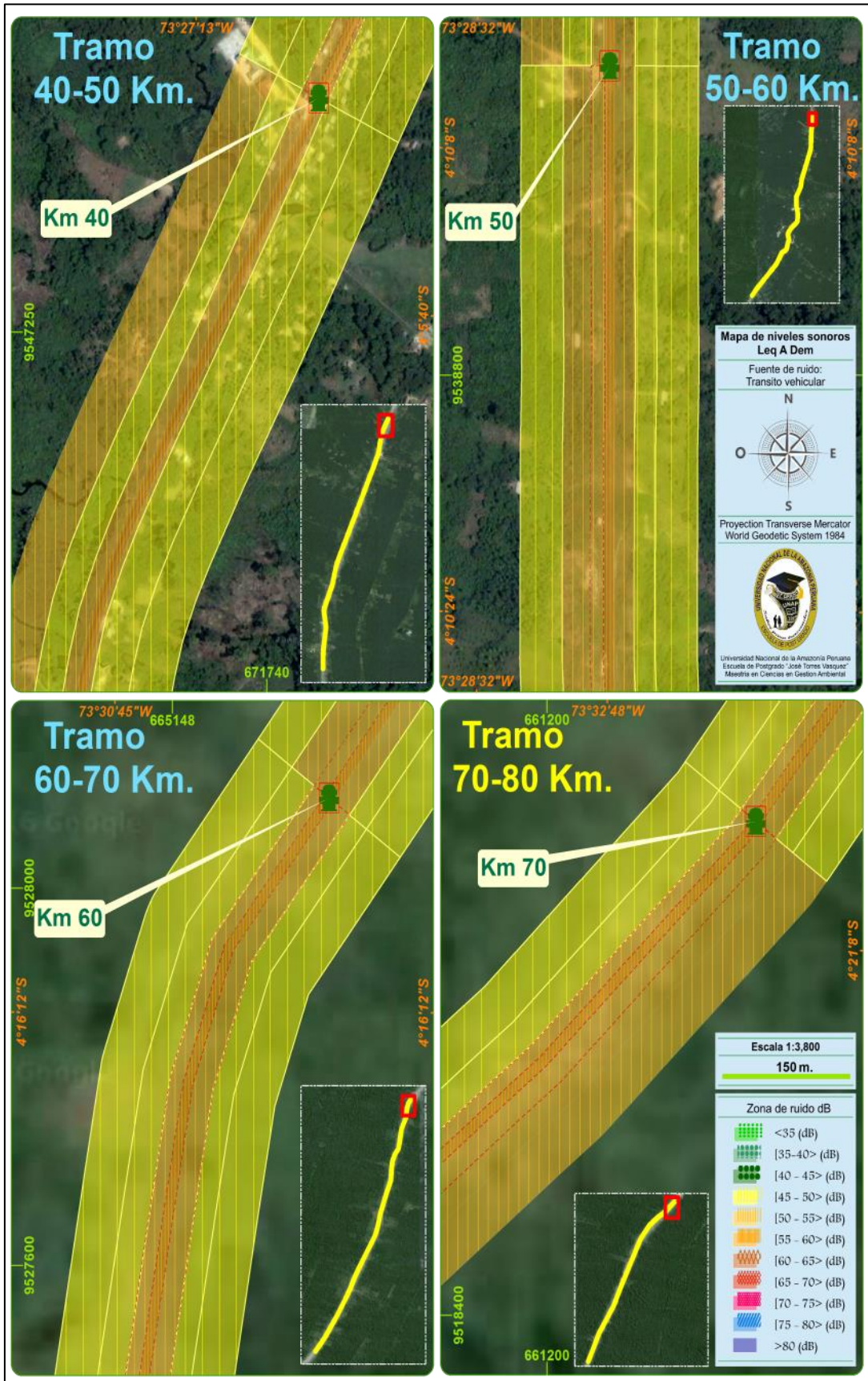
Anexo 16: Mapa de zonificación Acústica (Leq A día-noche), 0 – 8 km



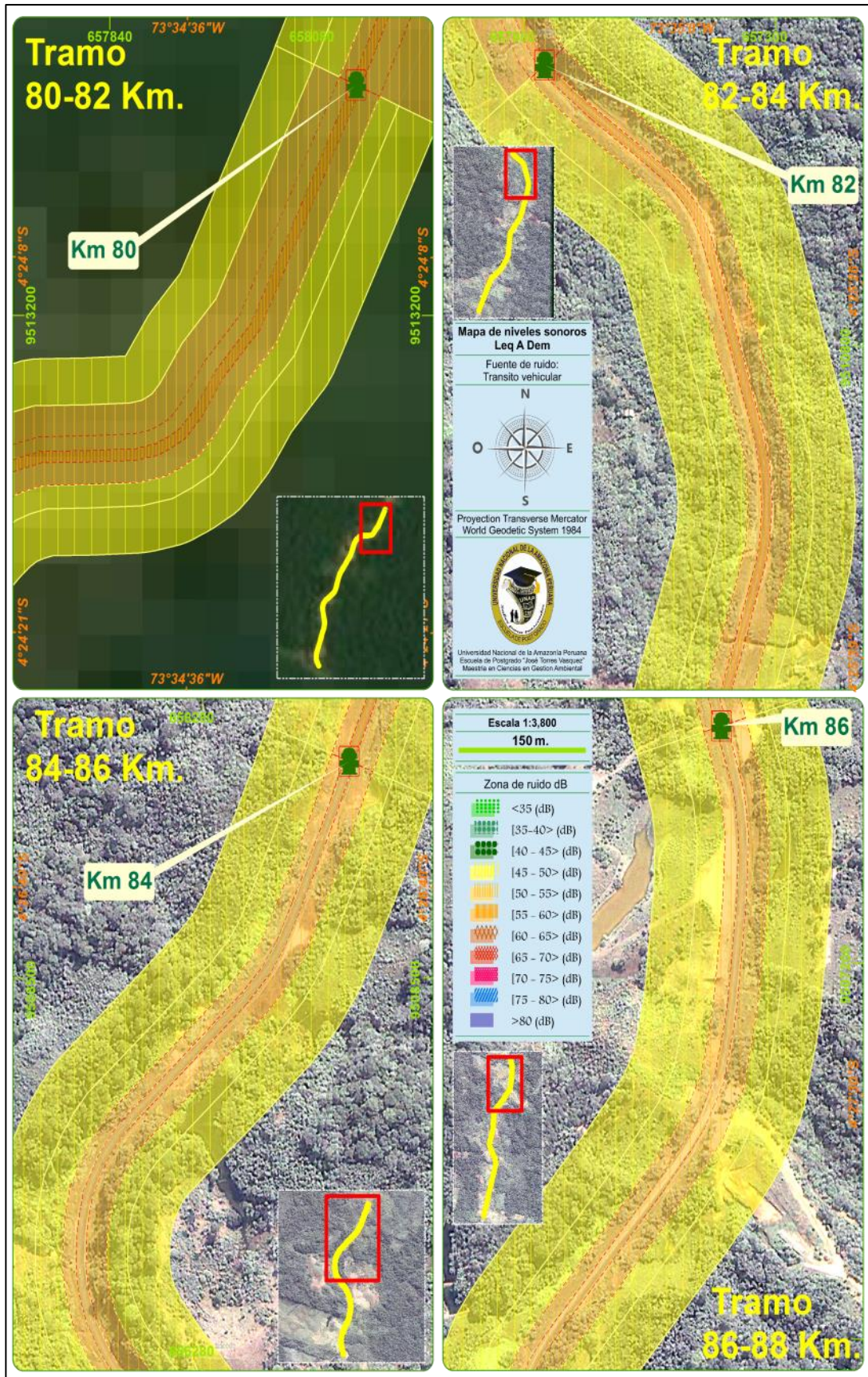
Anexo 17: Mapa de zonificación Acústica (Leq A día-noche), 8 – 40 km



Anexo 18: Mapa de zonificación Acústica (Leq A día-noche), 40 – 80 km



Anexo 19: Mapa de zonificación Acústica (Leq A día-noche), 80 – 88 km.



Anexo 20: Mapa de zonificación Acústica (Leq A día-noche), 88 – 94 km



Anexo 21: Registro Fotográfico (equipos).



Foto 1: Sonómetro Digital EXTECH 407780 y Calibrador Quest.



Foto 2: Estación meteorológica Davis Vantage Pro2.

Anexo 22: Registro Fotográfico (Procedimiento).



Foto 3: Medición de ruido a 1 metro del borde de la carretera (1mBC)



Foto 4: Medición de ruido a 3 metros antes de la primera fachada (3mAPF)



Foto 5: Medición de ruido a 50 metros del borde de la carretera (50mBC)



Foto 6: Medición de ruido a 100 metros del borde de la carretera (100mBC)



Foto 7: Medición de ruido individual de vehículos pesados



Foto 8: Medición de ruido individual de vehículos livianos

Anexo 23: Registro Fotográfico (Recolección de datos).



Foto 09: Medición de ruido en zona residencial



Foto 10: Medición de ruido en Centro de salud



Foto 11: Medición de ruido en centro educativo



Foto 12: Medición de ruido en la RNAM



Foto 13: Medición de ruido en zona de recreación



Foto 14: Medición de ruido en el punto 18 (Km 88 – Km 90)