



**Universidad Nacional
Federico Villarreal**

**VICE RECTORADO DE
INVESTIGACIÓN**

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“IMPLICANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ESTRUENDOSA EN EL
EXTERIOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO-
CHICLAYO “**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTORA EN MEDIO
AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.**

AUTORA

VIDALINA CHACCARA CONTRERAS

ASESOR:

DR. MIGUEL JACINTO ARRIBASPLATA CABANILLAS

JURADO

DR. JORGE LEONARDO JAVE NAKAYO

DRA. DORIS ESENARRO VARGAS

DRA. MARLITT FLORINDA NAUPAY VEGA

LIMA-PERÚ

2019

INDICE

RESUMEN.....	IV
ABSTRACT	V
I. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	7
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
- <i>Problema Principal.....</i>	<i>8</i>
- <i>Problemas Específicos</i>	<i>9</i>
1.4. ANTECEDENTES.....	9
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.7. OBJETIVOS.....	13
- <i>Objetivo general</i>	<i>13</i>
- <i>Objetivos específicos</i>	<i>13</i>
1.8. HIPÓTESIS	13
- <i>Hipótesis general.....</i>	<i>13</i>
- <i>Hipótesis específicas.....</i>	<i>13</i>
II. MARCO TEORICO	14
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	14
III. METODO	32
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:.....	32
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	33

3.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	35
3.4. INSTRUMENTOS	36
3.5. PROCEDIMIENTOS.....	40
3.6. ANÁLISIS DE DATOS	41
IV. RESULTATOS	43
4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	43
4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	52
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	56
VI. CONCLUSIONES.....	58
VII. RECOMENDACIONES.....	59
VIII. REFERENCIAS	60
IX. ANEXOS	62
<i>ANEXO N° 1matriz de consistencia.....</i>	<i>62</i>
<i>ANEXO N° 2 validaciones de instrumentos</i>	<i>64</i>
<i>ANEXO No.3 confiabilidad de instrumentos</i>	<i>65</i>
<i>Anexo No.4 Fichas técnica de los instrumentos a utilizar.....</i>	<i>66</i>
<i>Anexo No.5 Definiciones de términos</i>	<i>70</i>
<i>Anexo No. 6 Datos recolectados en la estación R-01.</i>	<i>73</i>

RESUMEN

Se relata un análisis de medición de la intensidad estruendosa en términos del L_{eq} y medir el impacto en la calidad del medio ambiente y dar una propuesta de posible solución al incremento de ruido por el flujo automovilístico producido por las obras del intercambio vial de las Avenidas troncales a la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, y que no ha sido considerada en la propuesta inicial que viene siendo ejecutada por la Municipalidad de Chiclayo. Las barreras sonoras son muy comunes en los países desarrollados, pero vemos que dicha tecnología no ha sido introducida en nuestro medio y esta obra al estar colindante a la principal y más importante universidad peruana merece esta mejora para no afectar los procesos de enseñanza aprendizaje (PEA).

En este trabajo se realizó un análisis de los niveles de exposición sonora SEL en diversos puntos del distrito; además se tomaron datos de los niveles de ruido equivalente LA_{eqT} , nivel sonoro equivalente L_{eq} y los percentiles L25, L50, L75, L95.

Palabras clave: Contaminación estruendosa, barreras sonoras, calidad ambiental.

ABSTRACT

A quantitative intensity measurement analysis in terms of the L_{eq} is reported and the impact on the quality of the environment is measured and a proposal for a possible solution to the noise increase due to the automobile flow produced by the road interchange works of the trunk avenues to the National University Pedro Ruiz Gallo, and that has not been considered in the initial proposal that is being executed by the Municipality of Chiclayo. Sound barriers are very common in developed countries, but we see that this technology has not been introduced in our environment and this work to be adjacent to the main and most important Peruvian university deserves this improvement to not affect the teaching-learning processes.

In this work, an analysis of SEL sound exposure levels was made in different points of the district; In addition, data were taken from the equivalent noise levels L_{AeqT} , the equivalent sound level L_{eq} and the percentiles L_{25} , L_{50} , L_{75} , L_{95} .

Keywords: Thunderous pollution, sound barriers, environmental quality.

I. INTRODUCCIÓN

El aumento desordenado del parque automotor en Chiclayo, ha traído consigo una serie de problemas medioambientales que afectan nuestra calidad de vida. Dado que la polución por ruido de tráfico puede ser un agente contaminante que deteriore la calidad del proceso de enseñanza aprendizaje en un centro de análisis como es la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo - Chiclayo , pero sin embargo no se toman estrategias para su control.

El proyecto de infraestructura vial Intercambio, además de recortar sustancialmente el terreno de la universidad hace temer un aumento de los niveles de contaminación sonora en las Facultades próximas a este proyecto.

Es por esta razón que nace la idea de desarrollar un trabajo que permita estudiar las emisiones sonoras generadas por el tráfico vehicular, con el fin de proponer la solución más viable, que permita conservar un medio ambiente más saludable, en beneficio de los ciudadanos, y de los estudiantes de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Chiclayo, quienes tendrán mejores condiciones de estudio.

1.1. Planteamiento del problema

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más importantes de la ciudad de Chiclayo y demás ciudades con un parque automotor emergente. Las emisiones sonoras de los automotores constituyen una muy importante fuente de contaminación. Uno de los lineamientos de la actual Política Nacional del Ambiente es la calidad el aire cuyo lineamiento 3(c) nos dice que se debe incentivar los instrumentos que contribuyan a reducir los niveles de contaminación atmosféricas.

Estudiar las emisiones sonoras e intentar minimizarlas sería un aporte relevante para conservar un medio ambiente saludable, La contaminación acústica es considerada por la mayoría de la población de las grandes ciudades como un factor medioambiental muy importante, que incide de forma principal en su calidad de vida. La contaminación ambiental urbana o ruido ambiental es una consecuencia directa no deseada de las propias actividades que se desarrollan en las grandes ciudades.

Se estudiara el caso particular de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo - Chiclayo, la cual ha paralizado las obras que viene ejecutando la Municipalidad, pues además de recortar sustancialmente el terrero de la universidad, se teme un incremento en el nivel de ruido urbano en el perímetro de la Ciudad Universitaria, pudiendo deteriorar el medio ambiente y la tranquilidad que debe tener un centro dedicado a la enseñanza universitaria.

1.2. Descripción del problema

A nivel nacional existe preocupación por la implicancia de la contaminación estruendosa, y así mismo, ocurre en los exteriores de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por lo que se requiere de zonas protegidas del tipo de contaminación en mención.

Zona de de protección especial: Es aquella de alta sensibilidad acústica, que comprenden los sectores del territorio que requieren una protección especial contra el ruido donde se ubican establecimientos de salud, establecimientos educativos, asilos y orfanatos.

□ Zona residencial: Área autorizada por el gobierno

local correspondiente para el uso indicado con viviendas o residencias, que permiten la presencia de altas, medias y bajas concentraciones poblacionales.

Los ECAs presentan estándares para cada zona a excepción de las zonas mixtas. En las zonas mixtas el ECA a aplicar será el más conservador, es decir, si se trata de una zona mixta residencial-comercial se aplicara el ECA de zona residencial. Las zonas de protección especial serán establecidas por las municipalidades provinciales, donde estas se ubican en coordinación con las distritales.

Los ECAs contemplan dos tipos de horario: diurno y nocturno. El horario diurno esta conformado por un periodo comprendido entre las 07:01 horas y las 22:00 horas; mientras que el horario nocturno esta comprendido entre las 22:01 horas y las 07:00 horas del día siguiente.

1.3. Formulación del problema

Esta situación problemática permite realizar la siguiente pregunta de Investigación:

- **Problema Principal**

¿Cuál es el deterioro de la calidad ambiental estruendosa en el exterior de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – Chiclayo?

- **Problemas Específicos**

- ¿En qué medida los vehículos motorizados contribuyen con esta contaminación?
- ¿Cuál es la barrera estruendosa más eficiente, para minimizar la agresión a la calidad del aire?
- ¿En cuánto se reduciría esta contaminación si colocamos la barrera estruendosa más adecuada?

1.4. Antecedentes

- **Antecedentes nacionales**

Olintho DE LA TORRE, Antonio VELA y otros (Año: 2003, lugar: Cuzco-Perú), realizaron la investigación, “Contaminación acústica en el centro histórico de Cuzco”, a través de un análisis, en el que se realizaron medidas del ruido ambiental.

Las medidas se realizaron en diversos puntos de la zona. La elección de dichos puntos la hicieron por el criterio de reticulado y a través de medidas en cuatro franjas horas en los días laborables. Los parámetros medidos fueron L_{eq} , L_{Max} y los percentiles L10, L50 y L90.

Eulogio SANTOS DE LA CRUZ (Año: 2007, lugar: Lima-Perú), realizó la investigación “Contaminación sonora por ruido vehicular en la avenida Javier Prado”, en la cual se realizaron encuestas a los transeúntes en diversas horas del día en el tramo comprendido entre las avenidas Paseo de la Republica y Arenales.

Es en esta investigación que un 61.54% de personas declaró estar muy molestas por el ruido que percibían; en las llamadas horas punta; el promedio de rapidez alcanzado por los vehículos. Es de 3 km/h, lo cual hace que muchos de los

conductores utilicen las bocinas.

Celso Nicanor BARRETO DAVILA (Año: 2007, lugar: Lima-Perú), realizó la investigación “Contaminación por ruido de aeronaves ”; en este trabajo se realizó un análisis de los niveles de exposición sonora SEL en diversos puntos del distrito; además se tomaron datos de los niveles de ruido equivalente LA_{eqT} , nivel sonoro equivalente L_{eq} y los percentiles L25, L50, L75, L95.

-Antecedentes extranjeros

Francisco SIMON y John PFRETZSCHNER (Año: 1994, lugar: Madrid-España), mediante la investigación “Propiedades físicas del índice de protección acústica de barreras antirruído” realizaron un análisis para determinar los parámetros que determinan la protección acústica, apoyados en el fenómeno de la difracción, y, mediante este método, explican, como es que un campo acústico es capaz de propagarse por todo el espacio, envolviendo los obstáculos que tiene a su paso.

Benz KOTZEN Y Colin ENGLISH (Año: 1999, lugar: Londres-Inglaterra) publicaron el libro “Environmental Noise Barriers”, el cual es un análisis acerca de la definición, performance y morfología de las barreras acústicas existentes hoy en día.

Además, en el diseño se considera el hecho de que estas barreras no impacten el paisaje.

María MACHIMBARRENA GUTIERREZ (Año: 2003, lugar: Valladolid-España), investigó el “Análisis comparativo del aislamiento sonoro por los métodos de presión y de intensidad”; el trabajo tuvo como objetivo medir el aislamiento sonoro tanto en el laboratorio como “in situ” por variaciones de presión. Con este análisis se pretendió evaluar diversos parámetros de la acústica arquitectónica, como el nivel de presión

sonora, la absorción acústica y el tiempo de reverberación.

José Luis CUETO, Silvia RIVAS y Ricardo HERNANDEZ (Año: 2006, lugar: Andalucía-España), realizaron la investigación “Metodología para la evaluación del impacto sonoro producido en los parques eólicos en Andalucía”, en el cual revisaron la forma en la cual se viene realizando los análisis de impacto acústico sobre la infraestructura e instalaciones industriales regulados por la legislación autónoma de Andalucía

Gonzalo RIQUELME LOBOS (Año: 2007, lugar: Valdivia-Chile). Realizo la investigación “Análisis del tráfico vehicular de la avenida Ribera norte sector industrial Talcahuano mediante métodos de propagación”, en este trabajo se elaboro un modelo de ruido de tráfico vehicular que permitió obtener niveles equivalentes de ruido para cada hora del día. En este modelo se incluyeron variables meteorológicas como el viento, humedad relativa y temperatura.

1.5. Justificación de la investigación

La actual Política Nacional del Ambiente tiene 4 ejes de política; en el eje 2 “Gestión Integral de la Calidad Ambiental” cuyo tercer lineamiento establece crear medidas para prevenir y mitigar los efectos de la calidad de aire sobre la salud de las personas, la contaminación acústica perturba las distintas actividades comunitarias, interfiriendo la comunicación hablada, base de la convivencia humana, perturbando el sueño, el descanso y la relajación, impidiendo la concentración y el aprendizaje y, lo que es más grave, creando estados de cansancio y tensión que pueden degenerar en enfermedades de tipo nervioso y cardiovascular. En esta época que las autoridades ponen especial énfasis al control de la contaminación, este proyecto se enmarca

dentro del control de la contaminación del aire, pues intentamos proteger una zona dedicada a procesos de enseñanza aprendizaje mediante un recurso que implica una innovación en nuestro entorno sin afecta el paisaje urbano y esta manera defender el aire de estos elementos nocivos.

El análisis lo consideramos de importancia aplicada por que estos análisis no son comunes en nuestra ciudad, los problemas del ruido proveniente del tráfico se esta agudizando en las zonas urbanas de la ciudad. Al desarrollar un análisis acústico

1.6. Limitaciones de la investigación

Medir ruido urbano y su influencia dentro de una institución Educativa de educación superior universitaria.

En esta investigación reconocemos los siguientes topes operativos:

- Cobertura de la investigación:

Perímetro sur de la Universidad Nacional

Pedro Ruiz Gallo

- Amplitud y límites:

Medición directa in situ considerando diferentes horas del día. Durante el periodo Noviembre – Diciembre 2018

- Limitación Temporal

La medición es concerniente al periodo Noviembre- Diciembre, en diferentes horas del día.

- Limitación Social

Este análisis involucra a los estudiantes, docentes, trabajadores y público en general, de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo - Chiclayo.

1.7. Objetivos

- Objetivo general

Conocer la problemática de la implicancia de la contaminación estruendosa en el exterior de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – Chiclayo.

- Objetivos específicos

> Proponer una solución que sea accesible a evitar la contaminación estruendosa en el exterior de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – Chiclayo.

> Investigar la eficiencia de las diversas barreras medioambientales que se tiene a disposición.

> Demostrar que la implicancia de la contaminación estruendosa contraviene al ser humano que tiene derecho a un ambiente saludable.

1.8. Hipótesis

- Hipótesis general

Al circular más vehículos motorizados, es probable que aumente la contaminación estruendosa en el exterior de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo - Chiclayo.

- Hipótesis específicas

- Si identificamos las zonas específicas más sensibles entonces se podría determinar si supera los límites permisibles
- Si una barrera estruendosa disminuye la intensidad del ruido urbano, es entonces probable que mejore las condiciones medioambientales en los exteriores de la Universidad.
- Si se identifica a la barrera más eficiente y se utiliza extensivamente, entonces se mejorará la calidad del aire para una vida digna.

II. MARCO TEORICO

2.1. Marco conceptual

- El ruido

Objetivamente el ruido puede ser definido como aquel estruendo nocivo para la salud o que puede producir pérdida de audición. Subjetivamente el ruido será todo estruendo no deseado por el oyente, y por ende es molesto y perturbador.

- Ruido ambiental

“El ruido ambiental es el ruido asociado a un ambiente determinado y suele estar compuesto de sonidos de muchas fuentes, próximas y lejanas”.¹

- Efectos del ruido

“El ruido aparenta ser el más inofensivo de los agentes contaminantes, puesto que, es percibido fundamentalmente por un solo sentido, el oído y ocasionalmente, en presencia de grandes niveles de presión estruendosa, por el tacto (percepción de vibraciones), en cambio el resto de los agentes contaminantes son captados por varios sentidos con similar nivel de molestia”.²

La exposición a niveles de ruido intenso durante un periodo de tiempo significativo, da lugar a pérdidas de audición, que si en un principio son recuperables cuando el ruido cesa, con el tiempo pueden llegar a hacerse irreversibles, convirtiéndose en sordera.

Los efectos del ruido también pueden ser no auditivos como molestias físicas, estrés, perturbación del sueño, entre otras.

“El ruido presenta grandes diferencias con respecto a otros contaminantes. Una de sus características más relevantes es su compleja fiscalización. Esto se debe principalmente a que:

- Es un fenómeno espontáneo que se vincula al horario y actividad que lo produce
- No deja residuos (no tiene un efecto acumulativo en el medio, pero si tiene un

efecto acumulativo en el hombre)

- Su cuantificación es compleja
- Es uno de los contaminantes que requiere menos cantidad de energía para ser producido
- Tiene una radio de acción pequeño; vale decir es localizado
- No es susceptible a su traslado a través de los sistemas naturales, como el aire contaminado llevado por el viento o un residuo líquido llevado por un río por grandes distancias.
- Se percibe por solo un sentido: el oído. Esto hace subestimar su efecto, a diferencia de otros contaminantes, como es el caso del agua, por ejemplo, donde la

Propagación del ruido en campo libre

El estruendo propaga de una fuente como una serie de ondas de presión que fluctúan rápidamente las cuales se expanden esféricamente mientras se mueven lejos de la fuente (Figura 1a). Estas ondas de presión crean la sensación de ruido cuando alcanzan el oído del oyente. Aunque el sonido viaja como onda es frecuentemente conveniente modelar la propagación del sonido como líneas rectas o rayos, que alcanzan el oyente o el receptor directamente o indirectamente después de ser reflejado o difractado por las superficies de intervención (Figura 1b). El método del trazado de rayos (ray-tracing) se utilizará para esta investigación.

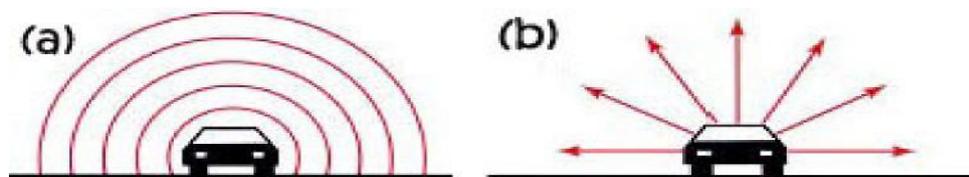


Figura 1. Propagación del estruendo. (a) Propagación esférica del estruendo.(b) Modelo de rayos. Tomado de KOTZEN, Benz. 1999. Environmental Noise Barrier. E & FN Spum. Pagina 36.

La propagación del estruendo en condiciones de aire libre, de acuerdo a las características de la fuente de origen, se representa por las siguientes expresiones:

Fuente Puntual:

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c} = \frac{W}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \quad (1)$$

Fuente Lineal:

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c} = \frac{W}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad (2)$$

dónde:

I : Intensidad estruendosa [W/m²] P : Presión Estruendosa [N/m²] W :
 c : Velocidad de propagación del estruendo [m/s]
 ρ : Densidad del medio [Kg/m³]
 r : Distancia entre el punto de medición y el origen

El estruendo más débil que el oído puede percibir es producido por una presión estruendosa de 20 µPascales, pudiendo soportar presiones un millón de veces superior a esta cantidad. Es por esta razón que se utiliza como unidad de medida el Decibel, que es una expresión matemática logarítmica que resulta de la comparación entre la Presión medida y la presión estruendosa de referencia, y que finalmente queda expresada como Niveles de Presión Estruendosa. Así una presión estruendosa de 20 µPascales equivale a 0dB.

- **Parámetros significativos**

Se detallan los parámetros significativos de la acústica, que nos permita conocer los niveles de ruido en el área de análisis.

- **Nivel de presión estruendosa (NPS o Lp)**

$$L_p = 10 \text{ Log} \frac{p^2}{P_0^2} \quad (dB) \quad (3)$$

$$P_{ref} = 2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$$

De esta expresión se puede observar que si aumentamos la presión al doble, tendremos un aumento de 6 dB.

- **Nivel de potencia sonora (L_w)**

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \text{ (dB)} \quad (4)$$

$$W_{ref} = 10^{-12} \text{ W}$$

De esta expresión se puede observar que si aumentamos la potencia al doble, tendremos un aumento de 3 dB. Nivel de potencia para una fuente puntual

$$L_w = L_{p0} + 20 \log (d_0) + 11 \text{ (dB)} \quad (5)$$

Nivel de potencia para una fuente lineal

$$L_w = L_{p0} + 10 \log (d_0) + 8 \text{ (dB)} \quad (6)$$

Donde L_{p0} es el nivel de presión medido a una distancia d_0 .

- **Nivel de intensidad estruendosa (L_i)**

$$L_i = 10 \log \frac{I}{I_{ref}} \text{ (dB)} \quad (7)$$

$$I_{ref} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

El nivel de presión estruendosa emitido por una fuente es variable, es decir, cambia de acuerdo a la distancia en que se encuentre el receptor, no así el nivel de potencia, el cual es constante y solo depende de las características propias de la fuente.

La manera en que se relaciona el nivel de potencia con el nivel de presión se muestra en la siguiente ecuación:

$$L_p = L_w + D - A \text{ (dB)} \quad (8)$$

Donde D es la corrección por la directividad de la fuente, y A es la suma total de las

atenuaciones producidas durante la propagación de la onda estruendosa en el aire,
esto es:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \text{ (dB)}$$

(9)

Donde:

A_{div} : es la atenuación debida a la divergencia geométrica

A_{atm} : es la atenuación debida a la absorción atmosférica

A_{gr} : es la atenuación debido a barreras

A_{misc} : es la atenuación debida a otros efectos misceláneos (reflexiones en Casas, atenuación por vegetación)

- Nivel de ruido continuo equivalente (LEQ, LA_{eqT} , LEQ)

Este parámetro está definido en la ISO 1996, donde se define al LEQ, como el valor medio del nivel de ruido durante un determinado período de tiempo, no necesariamente 24 horas, vale decir es un ruido estable que corresponde al promedio integral en el tiempo de la presión estruendosa al cuadrado con ponderación de frecuencia producida por fuentes de estruendos estables, fluctuantes, intermitentes, irregulares o impulsivos en el mismo intervalo de tiempo.

Para el presente caso se ha utilizado la ponderación de frecuencia "A", este nivel estruendoso continuo equivalente en un determinado punto de medición o monitoreo que cambia con el tiempo es igual al nivel de un estruendo estable equivalente para la misma duración de la medida; es decir, un estruendo que tiene la misma energía estruendosa equivalente en una onda estruendosa libre progresiva que el estruendo variable realmente medido.

Es el valor del nivel de presión estruendosa continuo con ponderación "A", que producirá la misma energía en la escala "A", que un ruido fluctuante evaluado durante un período de tiempo determinado, mediante la siguiente fórmula:

$$LA_{eqT} = 10 \text{ Log } \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{(LAE/10)} \right] \quad (10)$$

Donde: LAE es el Nivel de Exposición Estruendosa (SEL) del evento "i" con ponderación "A", $i=1$ hasta "n" es el número de eventos en el tiempo "T"

- **Nivel estruendo máximo (LMAX)**

Este parámetro es el nivel estruendo más alto con ponderación temporal exponencial, en dB que se produce durante un periodo de tiempo determinado.

Para una onda de presión estruendosa inestable, el nivel sonoro máximo depende de la ponderación temporal exponencial utilizada, es decir de la respuesta rápida (Fast).

- **Nivel equivalente de ruido comunitario (CNEL o LDTN)** El nivel equivalente de ruido comunitario (o nivel estruendo día-tarde-noche) fue desarrollado para evaluar y regular el ruido comunitario (Lden) es un nivel estruendoso continuo equivalente con ponderación “A” para 24 horas, obtenido después de añadir 5 dB a los niveles estruendosos vespertinos (19:00 a 22:00 horas) y 10 dB a los niveles estruendosos nocturnos (00:00 a 7:00 horas) y desde las 22:00 hasta la medianoche.

- **Índices de valorización de ruido**

Los índices de valorización sirven para cuantificar el ruido además de entregar información respecto a la calidad y cantidad de los niveles estruendosos que existen en un determinado lugar y así poder planificar y optar por las medidas de mitigación más acorde al problema. Los resultados son corregidos de acuerdo a la escala de ponderación de frecuencias A, la cual es utilizada universalmente en las normativas de acústica ambiental.

A continuación se definen los índices de valorización más usados en las normativas ambientales.

- **Nivel de presión estruendosa continua equivalente ponderado A**

(L_{eqA})

Es aquel nivel de presión estruendosa constante, expresado en dB(A), que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total (o dosis) que el ruido medido.

T: Periodo total de duración de la medición P(t): Presión estruendosa en función del tiempo

- **Nivel de exposición estruendosa (SEL)**

Se define como el mismo nivel de presión estruendosa constante, el cual si se mantiene durante 1 segundo producirá la misma cantidad de energía acústica que el evento de ruido medido. En otras palabras toda la energía del evento en un segundo.

T: Periodo total de duración de la medición - **Nivel percentil (L_n)**

Muchos criterios en acústica ambiental utilizan los niveles estadísticos L_n , definidos como los niveles que son superados un n% del tiempo para diversos n entre 0 y 100.

Por ejemplo se considera en algunos casos la estimación del ruido de fondo al resultado entregado por el percentil 90 (L_{90}), es decir, el nivel que fue sobrepasado durante el 90% de la medición.

- **Nivel estruendoso diurno (LD)**

Es el nivel estruendoso continuo equivalente medido para el periodo definido como día. Generalmente corresponde a 15 horas diurnas, entre las 7 y 22 horas. Este puede medirse directamente mediante un sonómetro integrador en intervalos de 15 horas, o puede calcularse a partir de los niveles de ruido de 1 hora, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

Donde los quince niveles estruendosos continuos equivalentes de 1 hora son los medidos durante las horas que terminan entre las 8:00 y las 22:00.

- **Nivel estruendoso tarde (LT)**

Es el nivel estruendoso continuo equivalente medido para 3 horas vespertinas, entre las 19 y 22 horas. Esto puede determinarse según la siguiente ecuación:

Donde estos tres niveles continuos de 1 hora son de las tres horas que acaban a las 20:00, 21:00 y 22:00.

- **Nivel estruendoso nocturno (LN)**

Es el nivel continuo equivalente medido para las 9 horas divididas, de acuerdo con el calendario diario de 24 horas, entre las 7 horas que terminan de 01:00 a 7:00 y las dos que terminan a las 23:00 y 24:00 horas.

- **Nivel corregido día-noche (LDN)**

Es un nivel de 24 horas, con un incremento de nivel de 10 dB para las 9 horas del horario nocturno.

- **Efectos de la exposición al ruido**

Se explica los principales efecto de la exposición al ruido.

- **Factores de riesgo**

Entre los factores de riesgo más comunes, existen cuatro de primer orden que determinan el riesgo de pérdida auditiva o hipoacusia, tales como:

Nivel de presión estruendosa

- Tiempo de ruido
- Tiempo de exposición al ruido

- Edad de la persona

Además de estos cuatro factores existen otros, como son la sensibilidad del sujeto receptor, características del entorno, distancia al foco estruendoso y posición respecto a éste, entre otros.

- **Daño auditivo en individuos y comunidad**

La nocividad, daño o efectos del ruido contaminante, sobre los individuos en particular y la comunidad en general, pueden causar una serie de daños, tales como:

- Alteraciones en las funciones endocrinas
- Problemas cardiovasculares
- Alteración del sistema nervioso
- Cambios bioquímicos
- Dilatación de los vasos sanguíneos del cerebro
- Elevación de la tensión sanguínea
- Cambio de ritmo o latidos del corazón
- Dilatación de la pupila de los ojos
- Descarga de hormonas adicionales en el torrente sanguíneo
- Retraso económico y social.

- **Barreras estruendosas**

En realidad cualquier obstáculo que impida el libre tránsito del estruendo puede considerarse una barrera sonora.

Para un camino descubierto, la trayectoria más importante de la transmisión estruendosa es el rayo que viaja directamente entre el camino y el receptor, conocido como el estruendo directo, $L_{p,dir}$. Otro rayo alcanzará el receptor es el rayo que pega la tierra y se refleja hacia el receptor, $L_{p,grd}$ (Figura 2). Hay un grado de interferencia destructiva entre estos dos rayos que da

lugar a la mayor atenuación del L_p , dir que es esperado por extensión geométrica solamente.

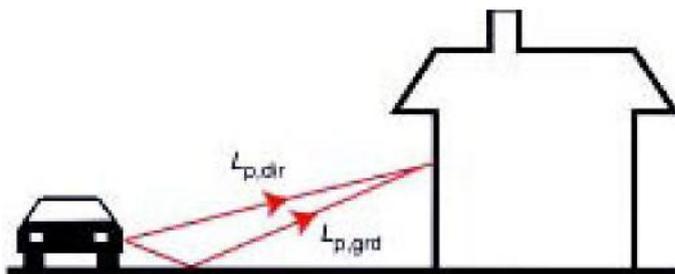


Figura 2. Trayectoria de la transmisión estruendosa no obstruida. Tomado de KOTZEN, Benz. 1999. Environmental Noise Barrier. E & FN Spum. Página 36.

El mecanismo exacto de esta atenuación no está completamente entendido, solamente es mejor cuando la propagación acústica es por ejemplo sobre el césped, y donde está el L_p , dir particularmente cerca de la tierra. Esta atenuación de tierra es dependiente de la frecuencia y Hutchins^{4,5} ha demostrado que la interferencia destructiva ocurre predominante en una gama de frecuencia centrada en 500 hertz (Figura 3)

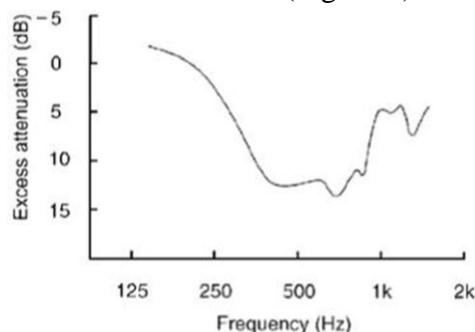


Figura 3. Atenuación excesiva por propagación sobre una base suave. Tomado de KOTZEN, Benz. 1999. Environmental Noise Barrier. E & FN Spum. Página 36.

La introducción de una barrera puede reducir bastante bien la fuerza del rayo directo, aunque para la mayoría de las barreras prácticas esto seguirá siendo una trayectoria de transmisión potencial, L_p , trans.

El rayo importante es ahora que está difractado hacia abajo del borde superior de la barrera, L_p , diff (Figura 4). La presencia de la barrera también elimina el L_p , grd como trayectoria significativa de la transmisión estruendosa



Figura 4. Forma del apantallamiento de la transmisión del estruendo por una barrera estruendosa. Tomado de KOTZEN, Benz. 1999. Environmental Noise Barrier. E & FN Spum. Pagina 36.

Este trabajo se ha realizado, usando técnicas del ray-tracing, para establecer el funcionamiento acústico de una barrera, a saber la diferencia entre el L_p , dir y el L_p , diff. El trabajo más influyente es probablemente el de Maekawa⁶ y éste es la base la mayor parte de de los métodos prácticos para calcular funcionamiento de la barrera. Otros desarrollaron la teoría básica de la barrera y correlacionaron los resultados como Rathe⁷, la teoría desarrollada calcula el funcionamiento acústico de una pantalla vertical en los términos del número de

Fresnel N , que se define como:

$$N = \frac{\delta}{\lambda} \quad (17)$$

Donde δ es la diferencia de la longitud de trayectoria (longitud de trayectoria difractada menos la longitud de trayectoria directa) y el λ es la longitud de onda del sonido en aire. En la zona de la sombra, el área donde la barrera rompe la visión entre la fuente y el receptor, δ se define como positivo, y para los rayos que propagan sobre el borde de difracción de la barrera, en la zona iluminada, el δ es negativo. Kurze y Anderson⁸ dieron la ecuación siguiente para la pérdida de inserción (insertion loss, IL) de una barrera

$$IL = 5 + 20 \log \frac{2 - \delta N}{\tanh 2\delta N} \quad (\text{dB}) \quad \text{para } -0.2 < N < 12.5$$

$$= 24 \text{ (dB) para } N > 12.5 \quad (18)$$

[6] Maekawa. *Journal of Applied Acoustic* **1**, 157-73. (1968)

[7] Rathe. *Journal of Sound and Vibration*, **10**(3), 472-9. (1969)

[8] Kurze et Al. *Applied Acoustic*, **4**, 35-53. (1971)

La fórmula anterior se aplica solamente vehículos en su punto más cercano al receptor y expresiones más complejas están disponibles para describir el funcionamiento de una barrera para un flujo denso de tráfico. Afortunadamente para los diseñadores de barreras, usualmente no necesitan utilizarlos mientras que los métodos aprobados del cálculo para el ruido del tráfico proporcionan los resultados en forma gráfica o tabular, y un programa de computadora puede ejecutar estos métodos dados.

La ecuación (18) puede ser usada cuando una barrera apenas rompe la visión entre la fuente de ruido y el receptor y hay una atenuación de 5 dB de ruido, y puede haber una cierta reducción del ruido para los receptores en la zona iluminada. La atenuación de la barrera usada en el método de cálculo del ruido de tráfico en el Reino Unido⁹ se demuestra en la figura 5. Esto da un límite teórico para la atenuación de la barrera de cerca de 20 dB(A) en la zona de la sombra; sin embargo, los valores requeridos de 6 pueden ser observados raramente y, en la práctica, un límite realista es de cerca de 15 dB (A). El gráfico también muestra que en la zona iluminada la atenuación de la barrera tiende rápidamente a cero en $\phi \leq -0.6$ y por lo tanto hay poca ventaja práctica de la investigación que se ganará en esta región. A continuación se citaran los tipos de barreras disponibles.

- **Barrera acústica tipo talud**

Son frecuentemente usadas para apantallar el desarrollo de proyectos de infraestructura en zonas rurales



Figura 5. Barrera acústica tipo talud. Tomado de KOTZEN, Benz. 1999. Environmental Noise Barrier. E & FN Spum. Página 100.

- **Barrera acústica tipo talud arborizado**

Son usadas en carreteras, es decir son obras permanentes que atraviesan zonas rurales y el hecho de colocar árboles regula la dirección del viento para evitar propagar más el ruido y regula el microclima.



Figura 6. Barrera acústica tipo talud arborizado. Tomado de KOTZEN, Benz. 1999. Environmental Noise Barrier. E & FN Spum. Pagina 65.

- **Barrera acústica de madera**

Son utilizadas para casa en zonas rurales o en las afueras de las ciudades no son muy estéticas y afectan el paisaje, además que requieren mantenimiento.



Figura 7. Barrera acústica de madera. Obsérvese que en la zona rural no afecta el paisaje y en la ciudad se altera el paisaje Tomado de KOTZEN, Benz. 1999. Environmental Noise Barrier. E & FN Spum. Página 107.

- **Barrera acústica de lámina metálica**

Son elaboradas en diferentes metales, pero de preferencia se utiliza el aluminio, estas barreras son por lo general absorbedoras del estruendo, pero también reflejantes según el diseño.



Figura 8. Barrera acústica de lámina metálica. Tomado de KOTZEN, Benz. 1999. Environmental Noise Barrier. E & FN Spum. Pagina 113.

- **Barrera acústica de concreto reflexivo**

Son desarrollados para desviar el estruendo hacia otra zona.

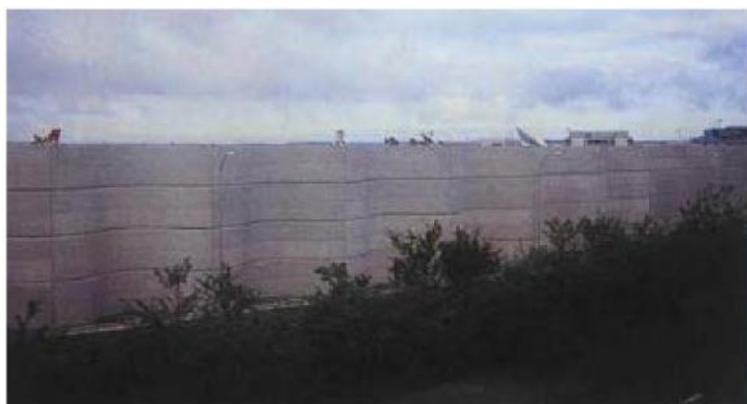


Figura 9. Barrera acústica de concreto reflexivo. Tomado de KOTZEN, Benz. 1999. Environmental Noise Barrier. E & FN Spum. Pagina 117.

- **Barrera acústica de concreto absorbente**

Debido a la forma geométrica estos pueden absorber un buen porcentaje del ruido que llega hacia ellos.



Figura 10. Barrera acústica de concreto absorbente. Tomado de KOTZEN, Benz. 1999. Environmental Noise Barrier. E & FN Spum. Pagina 118.

- **Barrera acústica de plástico, PVC y fibra de vidrio** Son materiales usados a causa de su precio competitivo, se puede usar incluso plástico reciclado, pero su tiempo de vida es corto.



Figura 11. Barrera acústica de PVC. Tomado de KOTZEN, Benz. 1999. Environmental Noise Barrier. E & FN Spum. Pagina 121.

- **Barrera acústica transparente**

Son usados a causa de su neutralidad visual, son elaborados en vidrio o acrílico y este ultimo lo hace resistente a actos de vandalismo.



Figura 12. Barrera acústica de acrílico. Tomado de KOTZEN, Benz. 1999. Environmental Noise Barrier. E & FN Spum. Pagina 121.

- **Barrera acústica de niveles (voladiza)**

Esta barrera es elaborada de diversos materiales pero es ideal porque:

- Reduce la altura total de la barrera colocando el borde superior de la barrera más cerca de la fuente de ruido para reducir el impacto
- Disminuye el impacto a las zonas fuera del corredor vial (como por ejemplos los paraderos) porque la parte superior se curva lejos del peatón
- Ofrece una solución más estética que colocar un muro, además que puede servir de limite divisorio
- La curvatura a través de la calzada puede formar un túnel parcial que puede ser usado con otros propósitos.



Figura 13. Barrera acústica de niveles. Tomado de KOTZEN, Benz. 1999. Environmental Noise Barrier. E & FN Spum. Pagina 128.

- Marco legal

- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Ruido

A nivel nacional se cuenta con el “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Ruido” (Decreto supremo N° 085-2003.PCM). Este reglamento publicado en Octubre del 2003 establece los estándares nacionales de calidad ambiental para ruido (ECAs) y los lineamientos que promueven el desarrollo sostenible. Los ECAs consideran el parámetro el Nivel de Presión estruendosa continuo equivalente con ponderación A (LAeqT).

Los estándares han sido establecidos de acuerdo a zonas que se definen como:

- Zona comercial: Área autorizada por el gobierno local correspondiente para la realización de actividades comerciales y de servicios.
- Zona industrial: Área autorizada por el gobierno local correspondiente para la realización de actividades industriales.
- Zonas mixtas: Áreas donde colinda o se combinan en una misma manzana dos o mas zonificaciones, es decir: Residencial-comercial, Residencial-Industrial, Comercial-Industrial o Residencial-Comercial-Industrial.

En la tabla 1, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, se pueden observar los estándares comprendidos en la normativa nacional.

TABLA1		
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido		
Zona de aplicación	Horario Diurno (07:00 - 22:00 h)	Horario Nocturno (22:00 - 07:00 h)
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Nota:
Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Ruido (DS N° 085-2003-PCM) expresados en (dB(A))

- Normas ISO

Son un conjunto de estándares de aceptación internacional. Las siglas corresponden a la *International Standardization Organization* (ISO). Las normas ISO referentes al monitoreo de ruido son las siguientes:

- ISO 1996-1:1982: Acústica – Descripción y mediciones de ruido ambiental, Parte I: Magnitudes básicas y procedimientos.
- ISO 1996-2:1987: Acústica – Descripción y mediciones de ruido ambiental, Parte II: Recolección de datos pertinentes al uso del suelo.

III. METODO

3.1. Tipo de investigación:

Es cuantitativo, explorativo y explicativo

- **Cuantitativo:**

El trabajo de investigación plantea medir y tomar muestras que tiene un carácter numérico que requiere el uso del método científico. Es una investigación de campo, porque las condiciones son las naturales en el terreno de los acontecimientos.

- **Explorativo:**

Es un análisis que no tiene antecedentes y se requiere conocer el impacto de la obra en cuestión en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

- **Explicativo:**

Es un análisis el cual intenta dar explicación y propone soluciones con el uso de las innovaciones tecnológicas en el campo de las mediciones de las emisiones estruendosas, para lograr mejoras en la calidad de vida de las personas involucradas.

Se adopto una metodología experimental, propia de una investigación cuantitativa.

3.2. Población y muestra

- Población

En el desarrollo del análisis se ha realizado tomando en cuenta que afectara la calidad ambiental de los siguientes participantes* :

Facultad	Alumnos	Docentes	Administrativos	Total
Q. e Ing Q.	1256	93	60	1409
CC.FF.	997	132	36	1165
<u>CC.MM.</u>	1653	171	50	1874
Ing. Ind.	1412	57	71	1540
			Total General	5988

* Fuente Oficina General de Planificación. Estadística e informática. Censo 2015.

-Muestra:

Como hemos mencionado, la Población es de: 5988 alumnos, docentes y administrativos. Con un nivel de confianza de: 0.95 . Error muestral de: 0.05. Y una Varianza poblacional de: 0.50.

Siendo el **Tamaño de Muestra de: 178.**

El protocolo de monitoreo que se presenta se elaboró teniendo como referencia las normas ISO (1996-1:192 y 1996-2:1987) mencionadas en el Reglamento de Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Ruido (PCM, 2003). Con este protocolo nos aseguramos que los datos que se generen sean precisos, exactos y representativos, toda vez que estas son prácticas aceptadas en la industria y lineamientos internacionales con el fin de obtener datos de alta calidad. Este protocolo

nos da las direcciones y guías para la medición, así como los procedimientos de documentación y reporte para asegurar la calidad de los datos obtenidos.

- **Selección de estaciones de monitoreo**

La elección de los lugares de monitoreo deberá ser llevada a cabo de la siguiente manera:

- Medición en exteriores: Se deberá efectuar a por lo menos 3.5 metros de cualquier estructura reflectante a excepción del suelo. La altura preferible de medición es de 1.3 a 1.5 metros por encima del suelo (ISO 1996-1-1982)
- Medición en exteriores cercanas a estructuras: Estas mediciones deberán ser llevadas a cabo en lugares donde se quiera determinar el ruido que una construcción este recibiendo. El lugar de medición deberá ser de 1 a 2 metros de la fachada y a 1.2 – 1.5 metros del nivel del piso de nuestro interés (ISO 1996-1-1982)
- Mediciones dentro de estructuras: Estas mediciones deberán ser llevadas a cabo en interiores donde el ruido sea de interés. El lugar de medición deberá estar a por lo menos 1 metro de las paredes o cualquier superficie reflectante y a 1.2 – 1.5 metros por encima del suelo y a 1.5 metros de las ventanas (ISO 1996-1-1982)
- Se elegirán a aproximadamente iguales distancias dentro del área bajo consideración, por ejemplo las intersecciones de la grillas en el mapa (ISO 1996-2:1987)
- Se tendrá en cuenta la representatividad del nivel promedio de una determinada zona o área (por ejemplo características topográficas) (ISO 1996-2:1987)

Adicionalmente se contemplan los siguientes criterios

- Las estaciones de monitoreo serán ubicadas cercanas a las poblaciones o en todo caso en el borde de la propiedad.

- Se deberá tomar en cuenta la dificultad del acceso a las estaciones para monitoreos posteriores, así como la representatividad del lugar
- En caso de mediciones de carreteras o vías de acceso, estas deberán ubicarse a 2 metros de la carretera.

- **Periodo de medición**

El periodo de medición considerado es de 30 minutos en cada una de las estaciones de monitoreo y en horario diurno y nocturno. En la medida de lo posible el periodo entre la medición de horario diurno y nocturno en una misma estación debe ser de 12 horas. Cabe señalar que ni el reglamento ni las normas ISO contemplan periodos de monitoreo estándares

3.3. Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	SUBINDICADORES	ESCALA DE MEDICION
VARIABLE 1			
RUIDO URBANO	- Intensidad sonora	1. dB (A) 2. dB(B) 3. dB(C)	Decibelios

VARIABLE 2			
LIMITES PERMISIBLES	- Zona de protección especial - Zona residencial - Zona comercial - Zona industrial	1. Horario diurno 2. Horario nocturno	Decibelios
VARIABLES 3			
BARRERAS ESTRUENDOSAS	- Tipo de barrera	-Dimensión - Espesor - Material - Ubicación	Valor numérico

3.4. Instrumentos

La instrumentación deberá determinar el nivel de presión estruendosa continua equivalente con ponderación A. la instrumentación Deberá cumplir con las especificaciones para medidores de estruendo preferiblemente de tipo 1 pero por lo menos de tipo 2 (ISO 1996-1-1982).

La instrumentación debe contemplar lo siguiente (ISO 1996-11982):

- Integración del nivel de presión sonora para tipo A
- El sonómetro deberá está configurado para frecuencias de ponderación A y tiempo de ponderación S.

- **Calibración**

Todos los equipos deberán ser calibrados de acuerdo con las respectivas instrucciones del fabricante (ISO 1996-1-1982)

La calibración se realiza, como mínimo en cada evento de medición y diariamente durante dicho evento.

Se deberá realizar una completa re-calibración anualmente que será realizada por una empresa certificada por INDECOPI, como se establece en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.

- **Condiciones ambientales**

De acuerdo a la norma ISO 1996-1-1982, las mediciones serán realizadas normalmente durante el periodo de tiempo en el cual las condiciones meteorológicas sean las más estables.

A continuación se mencionan otras consideraciones a tener en cuenta.

- La presencia de lluvias invalidará la medición, por lo que los eventos de monitoreo serán detenidos y/o invalidados en el caso de presentarse un evento de lluvia
- Evitar la presencia de vientos superiores a 18 km/h, ya que estos interfieren en la medición. La norma ISO 19962:1987 recomienda que la velocidad del viento sea de 3.6 a 18 km/h

- **Consideraciones adicionales**

El micrófono del equipo debe de ser orientado a favor de la dirección del viento y con una inclinación de 45°.

- **Registro de datos**

En concordancia con lo establecido con la norma ISO 1996-1:1982, se deberá registrar los siguientes datos:

- Técnica de medición: Tipo de instrumentación, tiempo de medición y ubicación del lugar de medición.
- Condiciones prevalecientes durante las mediciones: Condiciones atmosféricas (dirección y velocidad de viento, temperatura al nivel del piso, presión atmosférica y humedad relativa). Características del suelo y/o relieve entre la fuente de ruido y la estación de monitoreo. Variación de emisión de la fuente de ruido.
- Información cualitativa: si es factible identificaron y localización de la fuente de ruido.

A continuación se puede observar un formato de campo que será llenado en cada estación de monitoreo

FORMATO DE CAMPO		
MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL		
DATOS GENERALES		
Nombre del Proyecto:		
Nombre del operador:		
Código de identificación de la estación:		
Calibración:	<input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO
Instrumentación		
<input type="checkbox"/>	Sonómetro integrador Acoustilyzer AL1	<input type="checkbox"/> Anemómetro
<input type="checkbox"/>	Calibrador Acústico NTI	<input type="checkbox"/> Wheather sensor
Medición		
	Horario diurno	Horario nocturno
Hora		
Fecha		
Duración de monitoreo		
L Max. dB(A)		
L min. dB(A)		
Leq		
Velocidad del viento km/h		
Presión barométrica (Bar)		
Temperatura del aire MAX		
Temperatura del aire MIN		
Humedad relativa % MAX		
Humedad relativa % MIN		
CROQUIS DE UBICACION		

3.5. Procedimientos

Se desarrollará en base al ordenamiento y clasificación de la información.

Se elaborarán tablas que permitan el análisis y el procesamiento de la información para facilitar de esta forma la elaboración de las conclusiones y recomendaciones. **Análisis de datos**

Los datos obtenidos mediante la aplicación del protocolo, serán incorporados a los programas computarizados Matlab y Origin; y con ellos se elaboraran cuadros y tablas.

Ubicación de las estaciones

La ubicación de las estaciones de monitoreo consideradas se presentan a continuación
Ubicación de las estaciones

La ubicación de las estaciones de monitoreo consideradas se presentan a continuación.

TABLA 2

ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DE RUIDO	
Código de la estación	Descripción
R01	Al borde de la Facultad de Ciencias Físicas, cercano a salones de clases
R02	En el límite de la Facultad de Ciencias Físicas, sobre pasto
R03	En el límite del anfiteatro de la Facultad de Ciencias Físicas
R04	En el borde de la Facultad de Ingeniería Industrial, cercano a aulas
R05	En el límite de la Facultad de Ingeniería Industrial, sobre pasto
R06	En el borde de la Facultad de Ciencias Matemáticas, cercano a aulas
R07	En el límite de la Facultad de Ciencias Matemáticas, sobre pasto

R08	En el borde de la Facultad de Química e Ing. Química, cercano a aulas
R09	En el límite de la Facultad de Química e Ing. Química, sobre pasto
R10	En la plaza principal, sobre pasto

3.6. Análisis de datos

Los datos obtenidos mediante la aplicación del protocolo, serán incorporados a los programas computarizados Matlab y Origin; y con ellos se elaboraran cuadros y tablas. **Ubicación de las estaciones**

La ubicación de las estaciones de monitoreo consideradas se presentan a contin.**6.**

Análisis de datos

Los datos obtenidos mediante la aplicación del protocolo, serán incorporados a los programas computarizados Matlab y Origin; y con ellos se elaboraran cuadros y tablas.

La ubicación de las estaciones de monitoreo consideradas se presentan a como

Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Los datos obtenidos mediante la aplicación del protocolo, serán incorporados a los programas computarizados Matlab y Origin; y con ellos se elaboraran cuadros y tablas.

En las imágenes siguientes mostramos las estaciones de monitoreo usadas.



Figura 14. Estaciones de monitoreo usadas.

Periodo de medición

Las mediciones se efectuaron en el horario diurno y nocturno por espacio de 30 minutos en cada horario. Se contemplo la medición de “las peores condiciones” de nivel de ruido, es decir, se efectuó la medición en horas de mayor tránsito y en horas de clase.

- Registro de datos

En concordancia con lo establecido con la norma ISO 1996-11982, se deberá registrar los siguientes datos:

- Técnica de medición: Tipo de instrumentación, tiempo de medición y ubicación del lugar de medición.
- Condiciones prevalecientes durante las mediciones: Condiciones atmosféricas (dirección y velocidad de viento, temperatura al nivel del piso, presión atmosférica y humedad relativa). Características del suelo y/o relieve entre la fuente de ruido y la estación de monitoreo. Variación de emisión de la fuente de ruido.
- Información cualitativa: si es factible identificaron y localización de la fuente de ruido.

A continuación se puede observar un formato

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis e Interpretación de Resultados

Contrastación de hipótesis

Con los datos presentados a continuación contrastamos la hipótesis general “Al circular más vehículos motorizados en la obra de intercambio vial de las avenidas de la Ciudad Universitaria, es probable que aumente la contaminación estruendosa en el perímetro de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo - Chiclayo”.

Las mediciones se realizaron durante las horas de mayor tránsito vehicular, 7:40 – 8:10 am (horario diurno) y entre las 18:00 y 18.30 (horario nocturno). Estas son las llamadas “horas punta”, que es nuestra condición extrema.

Con estos datos también podemos contrastar la hipótesis específica “Si identificamos las zonas específicas más sensibles entonces se podría determinar si supera los límites permisibles”.

Los gráficos de las mediciones en extenso los presentamos en el Anexo 3, en el cual podemos encontrar los valores registrados en cada intervalo de tiempo.

Tabla 3

RESULTADOS				
PARAMETROS	R01		R02	
	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO
Hora	7:40 - 8:10 am	6:00 – 6:30 pm	7:40 - 8:10 am	6:00 – 6:30 pm
Fecha	29/11/2017	29/11/2017	30/11/2017	30/11/2017
L MAX dB (A)	88.1	87.3	85.2	84.4
L MIN dB (A)	52.5	55.7	55.7	53.9
Leq	75.6	78.6	79.6	77.2
Presión barométrica (Bar)	994.53	993.53	994.70	992.86
Velocidad del viento	4.1	7.9	6.4	7.6
Temperatura del aire MAX	22.77	27.02	20.68	22.16
Temperatura del aire MIN	17.71	20.92	19.41	18.80
Humedad relativa % MAX	93.76	77.56	83.28	88.71
Humedad relativa % MIN	72.36	56.87	78.07	72.38
ECA	50	50	50	50
ECA para zona de protección especial. Reglamento de estándares nacionales de calidad de ruido ambiental				

Con respecto a las hipótesis planteadas se notan valores muy altos de intensidad estruendosa.

Tabla 4

RESULTADOS				
PARAMETROS	R03		R04	
	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO
Hora	7:40 - 8:10 am	6:00 – 6:30 pm	7:40 - 8:10 am	6:00 – 6:30 pm
Fecha	01/12/2017	01/12/2017	02/12/2017	02/12/2017
L MAX dB (A)	82.4	88.2	78.2	82.0
L MIN dB (A)	52.3	50	50.2	50
Leq	74.8	77.8	71.2	72.8
Velocidad del viento km/h	3.7	4.9	4.1	5.3
Presión barométrica (Bar)	994.46	992.87	993.98	992.89
Temperatura del aire MAX	22.87	23.08	23.73	24.71
Temperatura del aire MIN	20.33	19.64	21.12	19.13
Humedad relativa % MAX	73.09	80.63	72.59	83.71
Humedad relativa % MIN	65.76	67.40	63.97	58.66
ECA	50	50	50	50
ECA para zona de protección especial. Reglamento de estándares nacionales de calidad de ruido ambiental				

En estas zonas también los valores son muy altos siguiendo la premisa de la hipótesis general.

Tabla 5

RESULTADOS				
PARAMETROS	R05		R06	
	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO
Hora	7:40 - 8:10 am	6:00 – 6:30 pm	7:40 - 8:10 am	6:00 – 6:30 pm
Fecha	03/12/2017	03/12/2017	06/12/2017	06/12/2017
L MAX dB (A)	88.3	87.0	90.8	99.4
L MIN dB (A)	50.4	53	55.2	56.7
Leq	74.6	75.3	78.5	80.3
Velocidad del viento km/h	4.4	3.6	5.5	5.1
Presión barométrica (Bar)	994.51	993.50	995.36	994.64
Temperatura del aire MAX	25.03	21.97	23.68	22.89
Temperatura del aire MIN	21.50	18.43	21.56	19.46
Humedad relativa % MAX	74.58	89.89	73.54	87.74
Humedad relativa % MIN	63.41	72.65	67.41	70.47
ECA	50	50	50	50
ECA para zona de protección especial. Reglamento de estándares nacionales de calidad de ruido ambiental				

En este cuadro se nota el mayor valor obtenido en intensidad estruendosa, según lo planteado en la hipótesis general.

Tabla 6

RESULTADOS				
PARAMETROS	R07		R08	
	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO
Hora	7:40 - 8:10 am	6:00 – 6:30 pm	7:40 - 8:10 am	6:00 – 6:30 pm
Fecha	07/12/2017	07/12/2017	09/12/2017	09/12/2017
L MAX dB (A)	95.4	95.1	96.3	92.4
L MIN dB (A)	50.0	56	50.0	57.8
Leq	79.7	81.4	77.6	78.8
Velocidad del viento km/h	5.8	4.7	3.7	4.2
Presión barométrica (Bar)	995.83	994.63	996.04	993.95
Temperatura del aire MAX	23.62	23.55	22.27	993.95
Temperatura del aire MIN	21.66	19.93	18.13	21.36
Humedad relativa % MAX	72.41	83.46	94	18.33
Humedad relativa % MIN	67.24	66.93	74.65	92.72
ECA	50	50	50	50
ECA para zona de protección especial. Reglamento de estándares nacionales de calidad de ruido ambiental				

Aquí también los valores son altos y muy cercanos a los valores máximos hallados anteriormente.

Tabla 7

RESULTADOS				
PARAMETROS	R09		R10	
	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO DIURNO
Hora	7:40 - 8:10 am	6:00 – 6:30 pm	7:40 - 8:10 am	6:00 – 6:30 pm
Fecha	10/12/2017	10/12/2017	13/12/2017	13/12/2017
L MAX dB (A)	95.3	93.3	89.1	95.6
L MIN dB (A)	55.6	56.8	50	55.1
Leq	78	79.7	75.5	78.2
Velocidad del viento km/h	4.6	5.1	4.4	3.7
Presión barométrica (Bar)	995.36	993.13	994.48	991.98
Temperatura del aire MAX	22.85	24.38	22.70	24.73
Temperatura del aire MIN	18.76	19.62	19.42	18.95
Humedad relativa % MAX	90.25	84.93	85.85	84.67
Humedad relativa % MIN	71.25	64.17	70.73	61.92
ECA	50	50	50	50
ECA para zona de protección especial. Reglamento de estándares nacionales de calidad de ruido ambiental				

Aquí los valores siguen siendo altos en concordancia con la hipótesis general.



Figura 15. Ubicación de las estaciones de monitoreo.

Estos resultados pueden ser ordenados de la siguiente manera:

Tabla 8

Medición horario 7:40 - 8:10 am		ECA (D.S. N° 085-2003-PCM)			
Punto	Leq	50	60	70	80
R 01	75.6	- 25.6	- 15.6	- 5.6	4.4
R 02	79.6	- 29.6	- 19.6	- 9.6	0.4
R 03	74.8	- 24.8	- 14.8	- 4.8	5.2
R 04	71.2	- 21.2	- 11.2	- 1.2	8.8
R 05	74.6	- 24.6	- 14.6	- 4.6	5.4
R 06	78.5	- 28.5	- 18.5	- 8.5	1.5
R 07	79.7	-29.7	-19.7	- 9.7	0.3
R 08	77.6	- 27.6	- 17.6	- 7.6	2.4
R 09	78	- 28	- 18	- 8	2
R 10	77.5	- 27.5	- 17.5	- 7.5	2.5

Tabla 9

Medición horario 6:00 – 6:30 pm		ECA (D.S. N° 085-2003-PCM)			
Punto	Leq	50	60	70	80
R 01	78.6	- 28.6	- 18.6	- 8.6	1.4
R 02	77.2	- 27.2	- 17.2	- 7.2	2.8
R 03	77.8	- 27.8	- 17.8	- 7.8	2.2
R 04	72.8	- 22.8	- 12.8	- 2.8	7.2
R 05	75.3	- 25.3	- 15.3	- 5.3	4.7
R 06	80.3	- 30.3	- 20.3	- 10.3	- 0.3
R 07	81.4	- 31.4	- 21.4	- 11.4	- 1.4
R 08	78.8	- 28.8	- 18.8	- 8.8	1.2
R 09	79.7	-29-7	-19-7	-9-7	0.3
R 10	78.2	- 28.2	- 18.2	- 8.2	1.8

En donde comparamos los niveles de ruido encontrados y su diferencia con el estándar nacional en cada caso. Aquí se hace más evidente la constatación de la hipótesis general.

En la tabla 10 comparamos el Leq y los valores máximos y mínimos hallados.

Tabla 10

Punto	Leq	Medición horario 7:40 - 8:10 am		Medición horario 6:00 – 6:30 pm	
		L MAX	L MIN	L MAX	L MIN
R 01	75.6	88.1	52.5	87.3	55.7
R 02	79.6	85.2	55.7	84.4	53.9
R 03	74.8	82.4	52.3	88.2	50
R 04	71.2	78.2	50.2	82	50
R 05	74.6	88.3	50.4	87	53
R 06	78.5	90.8	55.2	99.4	56.7
R 07	79.7	95.4	50	95.1	56
R 08	77.6	96.3	50	92.4	57.8
R 09	78	95.3	55.6	93.3	56.8
R 10	77.5	89.1	50	95.6	55.1

4.2. Análisis e interpretación

- De los resultados podemos ver que la totalidad de los casos, la medición sobrepasa los límites permisibles, lo cual se temía con referencia a la primera hipótesis específica. Se han tomado todas las mediciones en horario diurno puesto que horario nocturno (22 a 07 hrs) en la Universidad no existe actividad académica.

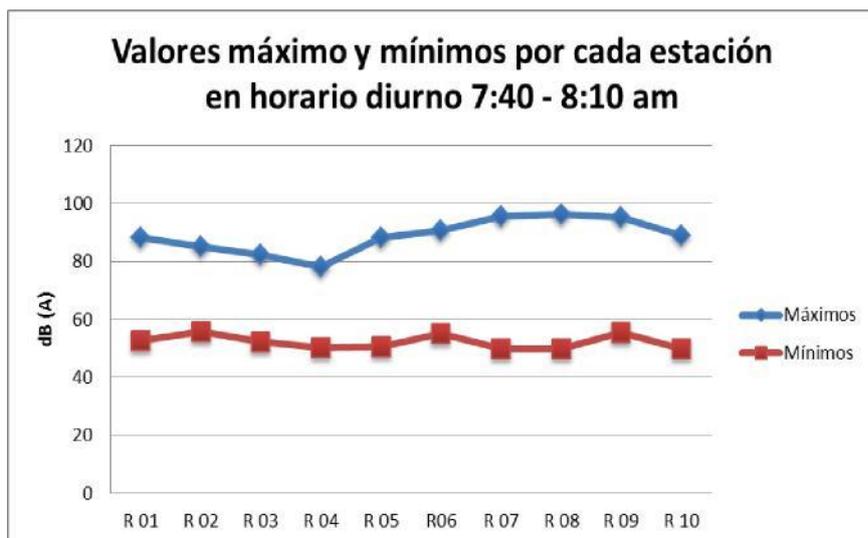


Figura 16. Medidas máximas y mínimas en horario diurno 7:40 – 8:10 am.

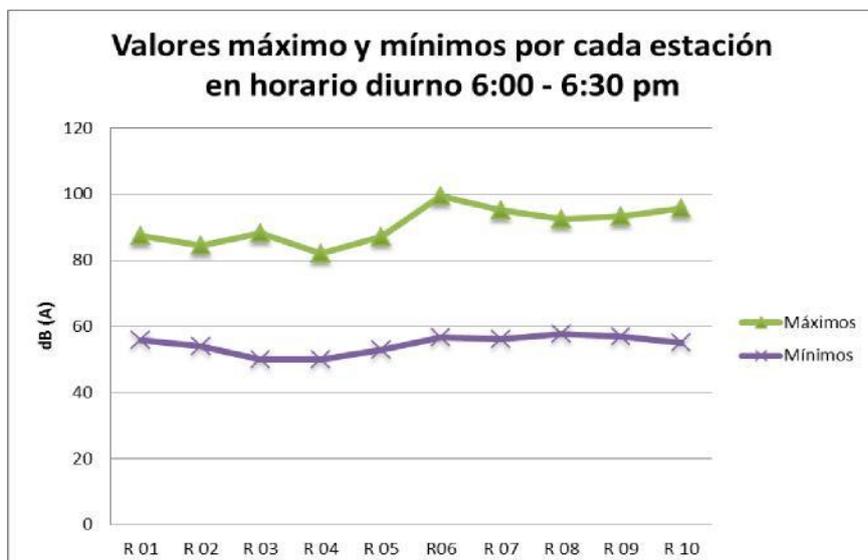


Figura 17. Medidas máximas y mínimas en horario diurno 6:00 – 6:30 pm.

- Los valores de **Leq** van de 71.2 a 81.4, siendo el máximo permisible 50 por ser una zona de protección especial, es decir en la gran mayoría de los casos supera en 50% al valor admisible (ver figuras 18 y 19). Este hecho se puede explicar pues la obra no está concluida y en el perímetro no existe una pared que contenga un porcentaje del ruido, como podemos apreciar en la figura 20 y hace referencia a la segunda hipótesis específica.

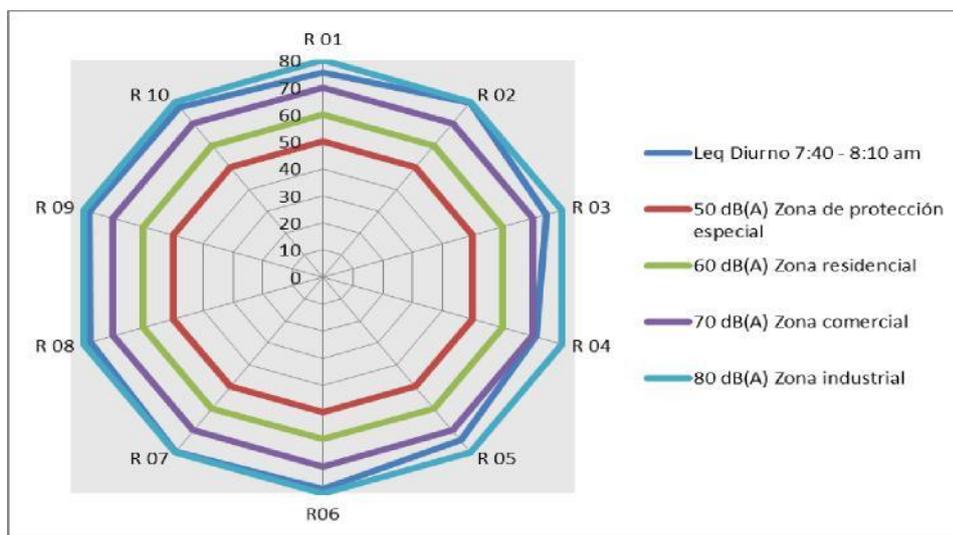


Figura 18. Valor Leq obtenido vs el nivel permitido en horario diurno 7:40- 8:10 am.

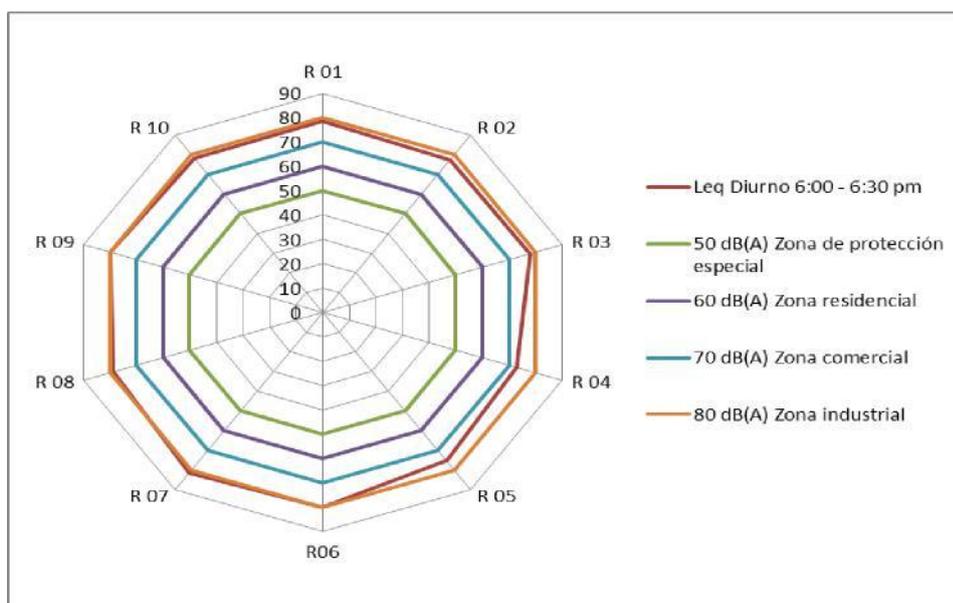


Figura 19. Valor Leq obtenido vs el nivel permitido en horario diurno 6:00- 6:30 pm.

Figura 20. Estado del cerco perimétrico, como vemos ambos casos, es casi nulo.



- Los altos valores observados de **L MAX dB (A)**, que van de 78.2 a 99.4, provienen por lo general del transporte público y de los camiones de alta carga que también circulan, sin embargo la gran mayoría de vehículos que transitan en la mañana son de vehículos particulares, lo cual tiene relación con la hipótesis general.
- La obra está inconclusa, según lo proyectado por la Municipalidad de Chiclayo, quedaría como podemos apreciar en la figura 21. Con lo cual tanto entrarían aún más al campus, con lo cual se espera un mayor incremento de ruido urbano.

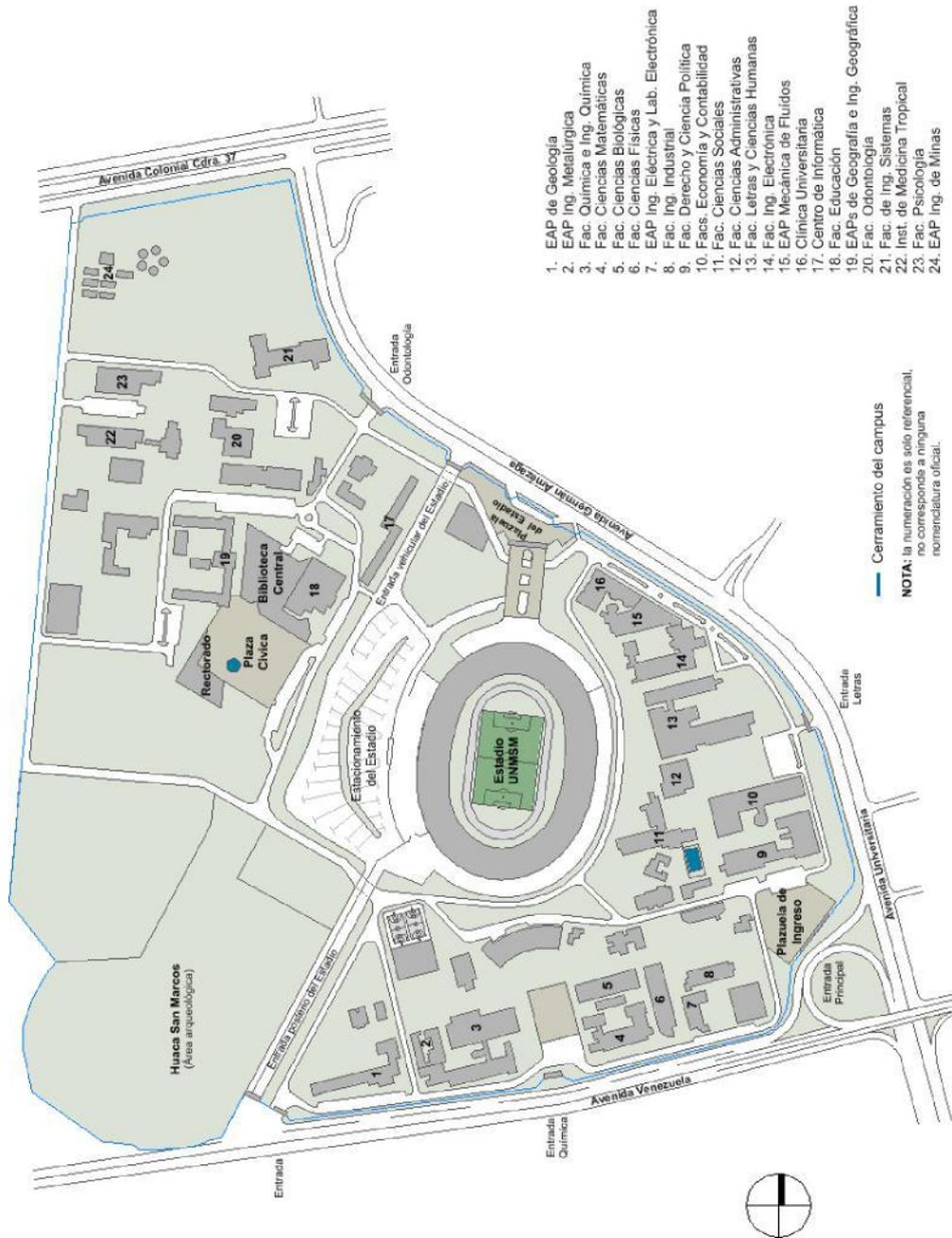


Figura 21. Estado final de la Universidad al concluir la obra de intercambio vial

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para minimizar la presencia de ruido urbano se plantean las siguientes propuestas.

- Colocar una barrera acústica de niveles (voladiza) ya que además que puede servir de cerco perimétrico minimizaría el ruido urbano. Con lo cual el aspecto final del cerco perimétrico que da a la avenida colindante a la universidad, sería como el presentado en la figura 22.



Figura 22. Vista de la barrera acústica.

- Haciendo cálculos para la colocación de una barrera voladiza, diseñándola de tal manera que evite la propagación en lugares altos, que es exactamente lo que queremos evitar (ver figura 23). Podemos apreciar que en el lado de la la via troncal, tenemos los frontis de la Facultad de Ing. Industrial, Ciencias Físicas, Ciencias Matemáticas y Química e Ing. Química, los que son los más perjudicados por el incremento en los niveles de ruido.

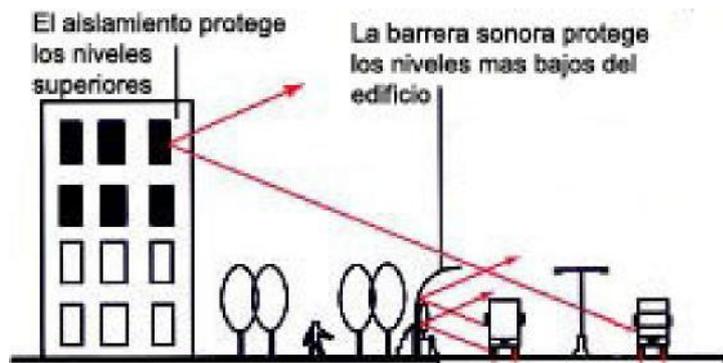


Figura 23. Forma de protección de una barrera voladiza.

- Si tomamos como ejemplo el frontis de Ing. Industrial este posee una altura medida de 7.9 metros, considerando la envergadura de la (ancho variable, pero de 20 m en esta zona) y la nueva separación de la avenida auxiliar, y tomando en cuenta la envergadura de los vehículos de transporte pesado por geometría simple, se necesitaría una barrera de una altura de 4.5 metros que en principio podría ser de material noble, pero con el diseño y patrón que observamos en la figura 24, lo cual le daría el aislamiento acústico que necesita el interior de la universidad.



Figura 24. Detalle de la barrera voladiza.

VI. CONCLUSIONES

1. El Perú no cuenta con un protocolo de monitoreo de ruido ambiental, de esta forma según la legislación vigente, debemos regirnos a las normas internacionales ISO 1996-1:1982 y 1996-2:1987, sin embargo esta no es específica con respecto al periodo de la medición.
2. Los **Leq** obtenidos en cada estación de monitoreo excede en más del 50% a los valores referidos en zonas de protección especial, lo cual implica que la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, se encuentra altamente contaminada por las emisiones de ruido proveniente del tráfico urbano.
3. Una causa de la alta contaminación es la antigüedad del servicio de transporte público que circula en la zona, además de la alta tasa de circulación de vehículos pesados observados en la zona.
4. Al ser concluida la obra de intercambio vial se debe considerar la instalación de la barrera acústica pues es la única forma de asegurar que no se vulneren los límites máximos permitidos, lo cual si se diseña y construye durante el levantamiento del nuevo cerco perimétrico no debería ser de un costo adicional, siguiendo el patrón visto en la figura 22 con el fin de reflejar el sonido fuera del cerco perimétrico. Intentar realizar el aislamiento acústico a posteriori si sería oneroso pues se necesitaría la instalación de paneles acústicos de alta costo.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Municipalidad de Chiclayo, regular el tráfico del transporte pesado prohibiéndolo en horario diurno y que sea exclusivamente en horario nocturno, el tráfico urbano en la ciudad de Chiclayo ya colapso hace tiempo, ya no existen “horas punta” a toda hora existe alto tráfico.

- Según los expertos en Lima hay sobreoferta de transporte público. Si a eso le sumamos que el transporte pesado es más lento, vemos colapsar las principales arterias a toda hora.

- El transporte pesado debe circular entre las 11:00 pm y las 6:am, como existe un boom de la construcción y del comercio en general vemos circular unidades pesadas llevando ladrillos y agregados de la construcción a velocidades promedio de 30Km/hr que obstaculizan el libre tráfico en la Vía troncal y las demás vías rápidas, así también como el transporte hacia provincia de camiones con mercadería o inclusive camiones con remolque de matrícula Boliviana que tiene que pasar por la ciudad en tránsito hacia otras localidades empeorando la situación del tráfico urbano.

VIII. REFERENCIAS

- BARRETO DAVILA, Celso.** Contaminación por ruido de aeronaves en Bellavista – Callao. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú. 2007.
- BRUNEAU, Michel.** Fundamental of Acoustic. 1era Ed. ISTE LTD. 2006.
- CARRION, Antoni.** Diseño acústico de espacios arquitectónicos. 3er Edición. Ediciones UPC. 1998.
- CUETO, José Luis y HERNANDEZ Ricardo.** Metodología para la evaluación del impacto sonoro producido por los parques cólicos en Andalucía. Simposio Tecni-Acústica Gandía. Andalucía. España. 2003.
- DE LA TORRE, Othilio y otros.** Contaminación acústica en el centro histórico de Cuzco. Revista de Acústica. Vol. 34 N° 3 y 4. 2003.
- ESTADO PERUANO.** Ley General del Ambiente 28611 Artículo 66.
- FAHN, Frank.** Engineering Acoustic. 1era edición. Editorial Elsevier. 2001.
- FERNANDEZ VALDERRAMA, Oscar.** Investigación científica I. Editorial Fernoba. Lima – Perú. 2002.
- HANSLER, Eberhard.** Acoustic Echo and Noise Control 1 Edición. Wiley and Sons. 2004.
- HARRIS, Cyril.** Manual de medidas acústicas y control de ruido. 1 Edición. Mc Graw Hill 1998.
- HAUGHTON, Peter.** Acoustic for Audiologist. 1a Edición Edit Academia Press. 2002.
- Hernández Sampieri Roberto y otros.** Metodología de la investigación científica. 5ta edición. Editorial Mac Graw Hill. 2010.
- HUTCHINS, JONES and RUSSEL.** “Model studies of barrier performance in the presence of ground surfaces, Part 1 – Thin perfectly reflecting barriers”. *Journal of the*

Acoustical Society of America, **75**(6), 1807-16. (1984).

HUTCHINS, JONES and RUSSEL. “Model studies of barrier performance in the presence of ground surfaces, Part 2 – Different shapes”. *Journal of the Acoustical Society of America*, **75**(6), 1817-26. (1984).

KOTZEN, Benz. Environmental Noise Barrier. 1a edición. E & FN Spum. 1999.

KURZE, U. J. and ANDERSON, G. S. “Sound attenuation by barriers”, *Applied Acoustic*, **4**, 35-53. (1971).

MACHIMBARRENA, María. Analisis comparativo de modelos predictivos de ruido para tráfico rodado. Simposio Tecni-Acústica Bilbao. Valladolid. España. 2003.

MAEKAWA, Z. “Noise reduction by screens”, *Journal of Applied Acoustic* **1**, 157-73. (1968).

métodos de propagación. Tesis de licenciatura. Universidad Austral. Valdivia Chile. 2007.

RATHE, E. J. “Note on two common problems of sound attenuation”, *Journal of Sound and Vibration*, **10**(3), 472-9. (1969).

RIQUELME, Gonzalo. Analisis del ruido de trafico vehicular de la Avenida Rivera Norte Sector Industrial Talcahuano mediante

SANTOS DE LA CRUZ, Eulogio. Contaminacion sonora por ruido vehicular en la avenida Javier Prado. Ind. Data 10(1), 2007.

SIMON, Francisco y PFRETZSCHNER, Jhon. Propiedades físicas del índice de protección acústica de barreras antirruído. *Acústica* 98. p. 307 al 310. Madrid. España. 1994.

TECTONICA 14. Acústica arquitectónica. 1a edición. ATC Ediciones.

IX. ANEXOS

ANEXO N° 1 matriz de consistencia

“IMPLICANCIA DE LA CONTAMINACION ESTRUENDOSA EN EL EXTERIOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO - CHICLAYO”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema principal ¿Cuál es el deterioro de la calidad ambiental estruendosa en el exterior de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo-Chiclayo?</p> <p>Problemas secundarios ✓ ¿En qué medida los vehículos motorizados contribuyen con esta contaminación? ✓ ¿Cuál es la barrera estruendosa más eficiente, para minimizar la agresión a la calidad del aire? ✓ ¿En cuánto se reduciría esta contaminación si colocamos la barrera estruendosa más adecuada?</p>	<p>Objetivo general Conocer la problemática de la implicancia de la contaminación estruendosa en el exterior de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo-Chiclayo.</p> <p>Objetivos específicos ✓ Proponer una solución que sea económicamente accesible ✓ Investigar la eficiencia de las diversas barreras medioambientales que se tiene a disposición ✓ Demostrar que la contaminación estruendosa contraviene al ser humano, que tiene derecho a un ambiente saludable.</p>	<p>Hipótesis general Al circular más vehículos motorizados es probable que aumente la contaminación estruendosa en el exterior de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo-Chiclayo.</p> <p>Hipótesis específicas ✓ Si identificamos las zonas específicas más sensibles entonces se podría determinar si supera los límites permisibles ✓ Si una barrera estruendosa disminuye</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Contaminación estruendosa VARIABLE DEPENDIENTE Límites permisibles Variable Interviniente Barreras estruendosas</p>	<p>Tipo, nivel y diseño El tipo de investigación es cuantitativo , exploratorio y descriptivo</p> <p>Método Los métodos a utilizar son: analítico y sintético</p> <p>Población y muestra Población: 5988 alumnos, docentes, administrativos Nivel de confianza: 0.95 Error muestral: 0.05 Varianza poblacional: 0.50 Tamaño muestra: 178 dirigentes</p> <p>Técnicas e instrumentos Los datos requeridos se</p>

		<p>la intensidad del ruido urbano, es entonces probable que mejore las condiciones medioambientales en los exteriores Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo-Chiclayo.</p> <p>✓ Si se identifica a la barrera más eficiente y se utiliza extensivamente, entonces se mejorará la calidad del aire para una vida digna.</p>		<p>recogerán mediante un cuestionario, entrevistas y análisis de contenido</p> <p>Plan de análisis La información será procesada mediante la fórmula del Chi cuadrado paquete estadístico SPSS 21.1.</p>
--	--	---	--	---

ANEXO N° 2 validaciones de instrumentos

Claret (2.008), señala que la validación se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir. Dicho instrumento debe ser validado por expertos en gramática, metodología y la especialidad objeto de estudio. Los expertos deberán hacer las diferentes observaciones de tipo general que posteriormente serán corregidas.

Para el caso en estudio, el instrumento seleccionado, será validado por expertos, para lo cual se les consignó el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, el sistema de operacionalización de variables, y los cuestionarios a aplicar; posteriormente estos profesionales revisarán los cuestionarios en cuanto al contenido, redacción y relación con los objetivos y variables de la investigación, concluyendo congruencia con los objetivos y variables para finalmente ser validad.

ANEXO No.3 confiabilidad de instrumentos

El criterio de confiabilidad del instrumento, se determina en la presente investigación, por el coeficiente de Alfa Cronbach, desarrollado por J. L. Cronbach, requiere de una sola administración del instrumento de medición y produce valores que oscilan entre cero y uno. (Hernández, y otros, ob. cit.). Es aplicable a escalas de varios valores posibles, por lo que puede ser utilizado para determinar la confiabilidad en escalas cuyos ítems tienen como respuesta más de dos alternativas. Su fórmula determina el grado de consistencia y precisión; la escala de valores que determina la confiabilidad está dada por los siguientes valores:

Criterio de Confiabilidad Valores

- No es confiable -1 a 0
- Baja confiabilidad 0.01 a 0.49
- Moderada confiabilidad 0.5 a 0.75
- Fuerte confiabilidad 0.76 a 0.89
- Alta confiabilidad 0.9 a 1

Anexo No.4 Fichas técnica de los instrumentos a utilizar

El equipo usado para este monitoreo es el Acoustilyzer AL 1 de NTI que es un analizador acústico compacto dotado de una interfase MiniLink de tipo USB adicionando a esto un micrófono mini SPL de tipo omnidireccional con un condensador prepolarizado y un transductor de campo libre con una frecuencia de respuesta de 100 a 1250 Hz y de 20 a 20 kHz. Adicionalmente tiene un adaptador atenuador de -20 dB una pantalla de viento y el software respectivo. El equipo registra además:

- + Medición del nivel sonoro. Nivel de presión sonora SPL, MAX/MIN, SPL, LEQ, LcPEAK.
- + Analizador de espectros, RTA. Analizador del espectro en tiempo real de
1/1 y 1/3 de octava mostrando SPL, MAX/MIN SPL & LEQ por banda
- + Tiempo de reverberación RT60. Resolución de banda en octavas basados en resultados T20. Listado de resultados de pruebas detallados en segundos incluido el factor de correlación.
- + Espectro Transformada Rápida de Fourier TRF (FFT). Aumento del FFT en tiempo real.
- + Polaridad. De altavoces acústicos o señales de líneas eléctricas
- + Medición de tiempo de retardo (delay). Medición de la propagación del delay entre referencias eléctricas y señales acústicas.
- + Inteligibilidad del habla STI-PA. Índice de modulación individuales LEQ y STI-PA de bandas de frecuencia de prueba.

- Menú de calibración. Para mediciones con micrófonos externos conjunto de sensibilidad por defecto por STI MiniSPL



(a)



(b)

Figura 25. Analizador acústico. (a) Sin pantalla de viento, (b) con pantalla de viento

Anemómetro digital

Anemómetro digital marca Beha modelo 93460 en cual permite medir en m/s, Ft/s, Knots y Km/hr.



Figura 26. Anemómetro digital

Weather sensor

Este sensor fue usado con la interfase de campo Xplorer GLX, este sensor de condiciones climáticas detectaba los parámetros siguientes: Temperatura, humedad relativa, punto de condensación, humedad absoluta, presión barométrica, altitud reativa. Como el equipo soporta a presencia de 3 sensores mas se inserto además un sensor de sonido (Sound sensor) el cual registraba Intensidad estruendosa en dB (C), dB(A) y $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Todos estos datos los

registraba en su memoria interna y después fueron almacenadas en forma de archivos para su posterior tratamiento.



Figura 27. Sensor de condiciones climáticas

Anexo No.5 Definiciones de términos

> Acústica

Es una rama de la física interdisciplinaria que estudia el sonido, infrasonido y ultrasonido, es decir ondas mecánicas que se propagan a través de la materia (tanto sólida como líquida o gaseosa) (no se propagan en el vacío). A efectos prácticos, la acústica estudia la producción, transmisión, almacenamiento, percepción o reproducción del sonido.

> Barrera estruendosa

Es una estructura exterior, diseñada para moderar la polución acústica. Es comúnmente llamada pared sónica o barrera estruendosa. Estos dispositivos son efectivos métodos de mitigación acústica de las carreteras, y mitigación de fuentes de ruidos de vías férreas e industriales (otras como el cese de la actividad o el uso de controles de las fuentes).

> Decibelios

Es la unidad relativa empleada en acústica y telecomunicaciones para expresar la relación entre dos magnitudes, acústicas o eléctricas, o entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

El decibelio, cuyo símbolo es dB , es una unidad logarítmica. Es un submúltiplo del belio, de símbolo B , que es el logaritmo de la relación entre la magnitud de interés y la de referencia, pero no se utiliza por ser demasiado grande en la práctica, y por eso se utiliza el decibelio, la décima parte de un belio. El belio recibió este nombre en honor de Alexander Graham Bell.

Un belio equivale a 10 decibelios y representa un aumento de potencia de 10 veces sobre la magnitud de referencia. Cero belios es el valor de la magnitud de referencia. Así, dos belios representan un aumento de cien veces en la potencia, 3 belios equivalen a un aumento de mil

veces y así sucesivamente. Como el decibelio es una unidad relativa, para saber la intensidad de un sonido se toma como 0 dB una intensidad de 20 micropascales.

□ **Sonómetro**

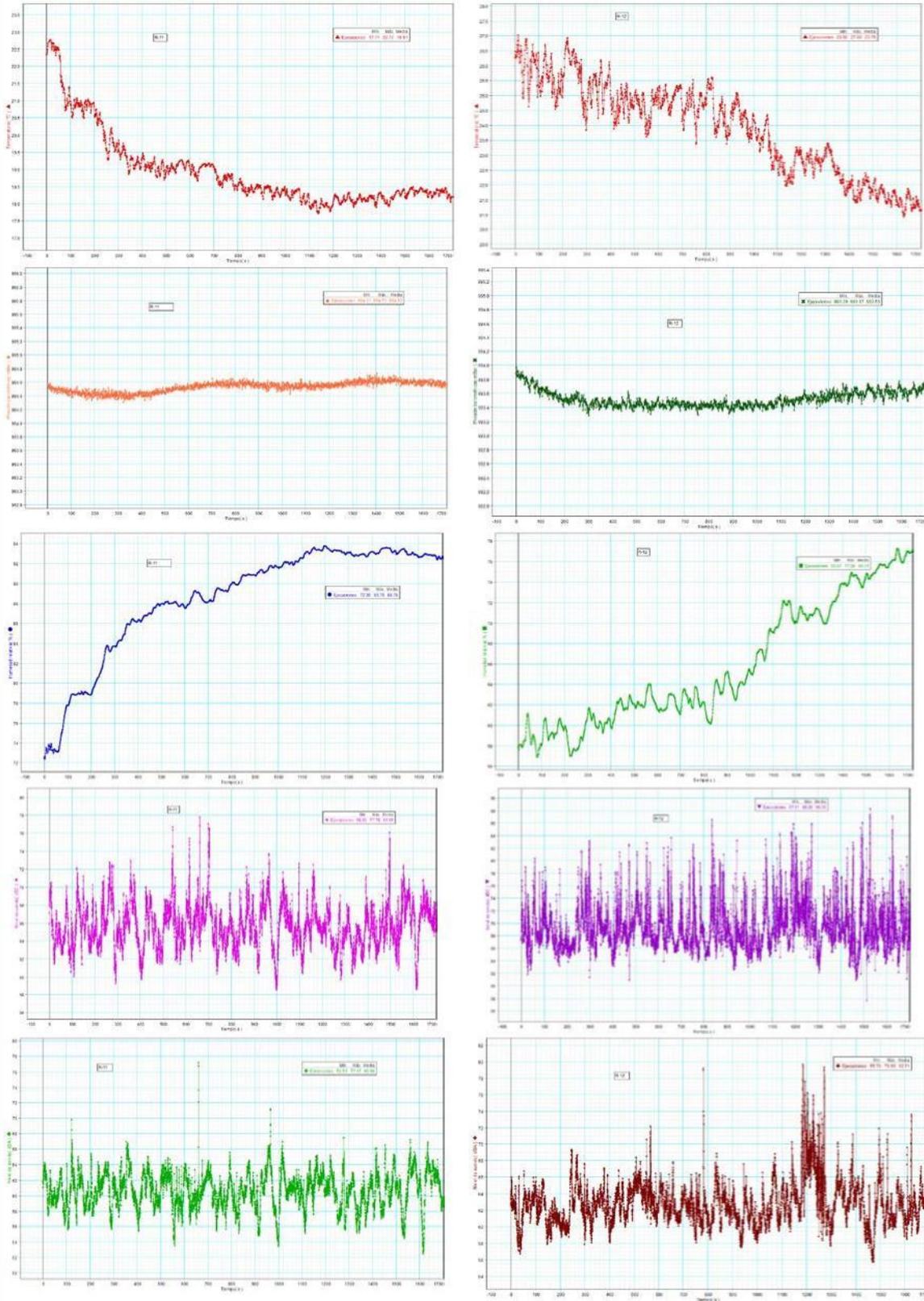
El Sonómetro es un instrumento diseñado para responder al estruendo en aproximadamente la misma manera que lo hace el oído humano y dar mediciones objetivas y reproducibles del nivel de presión estruendosa. Existen muchos sistemas de medición estruendosa disponibles. Aunque son diferentes en el detalle, cada sistema consiste de un micrófono, una sección de procesamiento y una unidad de lectura.

El micrófono convierte la señal estruendosa a una señal eléctrica equivalente. El tipo más adecuado de micrófono para sonómetro es el micrófono de condensador, el cual combina precisión con estabilidad. La señal eléctrica producida por el micrófono es muy pequeña y debe ser amplificada por un preamplificador antes de ser procesada.

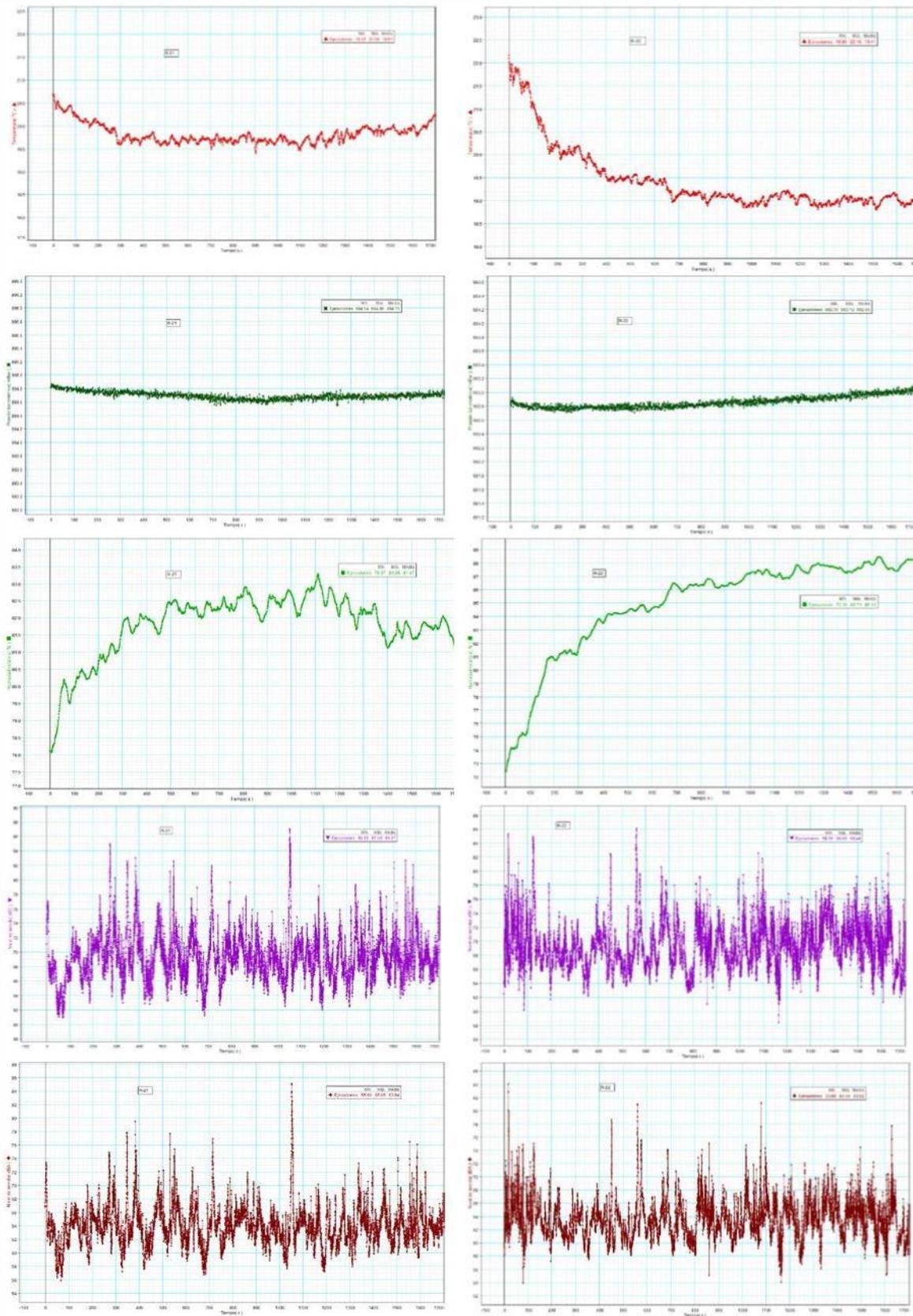
Varios procesamientos diferentes pueden aplicarse sobre la señal. La señal puede pasar a través de una red de ponderación. Es relativamente construir un circuito electrónico cuya sensibilidad varíe con la frecuencia de la misma manera que el oído humano, y así simular las curvas de igual estruendosidad: Esto ha resultado en tres diferentes características estandarizadas internacionalmente, las ponderaciones "A", "B" y "C". Además de una o más de éstas redes de ponderación, los sonómetros usualmente tienen también una red "LINEAL". Esto no pondera la señal, sino que deja pasar la señal sin modificarla. Cuando se requiere más información, el rango de frecuencia de 20 Hz a 20 kHz puede ser dividido en secciones o bandas. Estas bandas tienen usualmente un ancho de banda de una octava o un tercio de octava (una octava es una banda de frecuencia donde la más alta frecuencia es dos veces la más baja frecuencia). Después que la señal ha sido ponderada y/o dividida en bandas de frecuencia, la señal resultante es amplificada, y se determina el valor Root Mean

Square (RMS) con un detector RMS. El RMS es un valor promedio matemático especial y es de importancia en las mediciones de sonido porque está relacionado directamente con la cantidad de energía del sonido que está siendo medido. La última etapa del sonómetro es la unidad de lectura que muestra el nivel sonoro en decibeles (dB), u otros como el dBA, que significa que el nivel estruendoso medido ha sido ponderado con el filtro A. La señal también puede estar disponible en salidas AC o DC, para la conexión de instrumentos externos para un posterior procesamiento. Existen diversos tipos de sonómetros que se diferencian principalmente del grado de precisión que deben cumplir en relación a los valores que son capaces de medir. Ellos son los sonómetros tipo 0, 1, 2 y 3. El sonómetro Tipo 0 se utiliza generalmente en laboratorios especializados y sirve como dispositivo estándar de referencia. El Tipo 1, se utiliza tanto en laboratorio como en terreno cuando el ambiente acústico debe ser especificado y/o medido con precisión. El Tipo 2, es adecuado para mediciones generales en terreno y el tipo 3 se utiliza para realizar mediciones de reconocimiento.

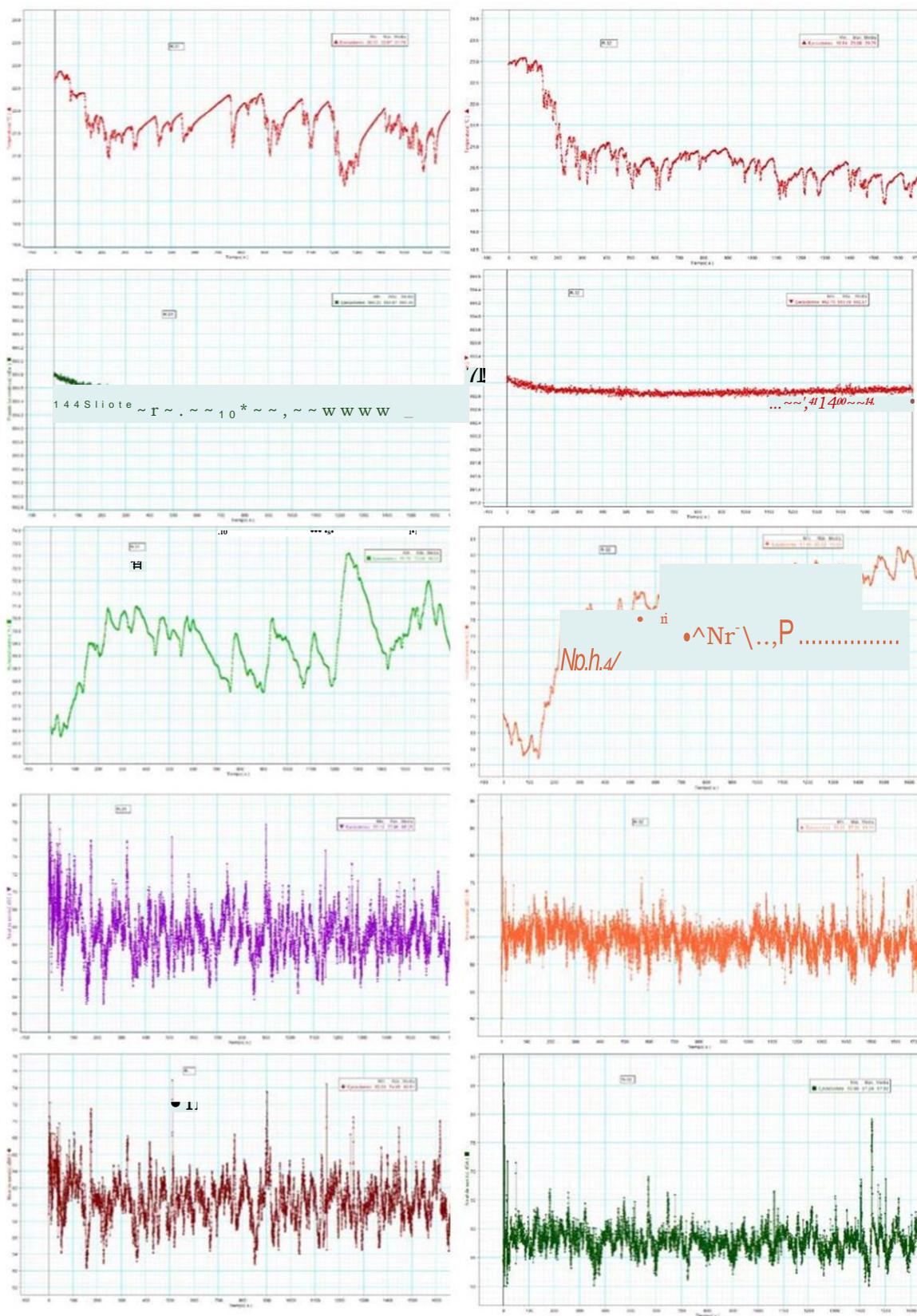
Anexo No. 6 Datos recolectados en la estación R-01.



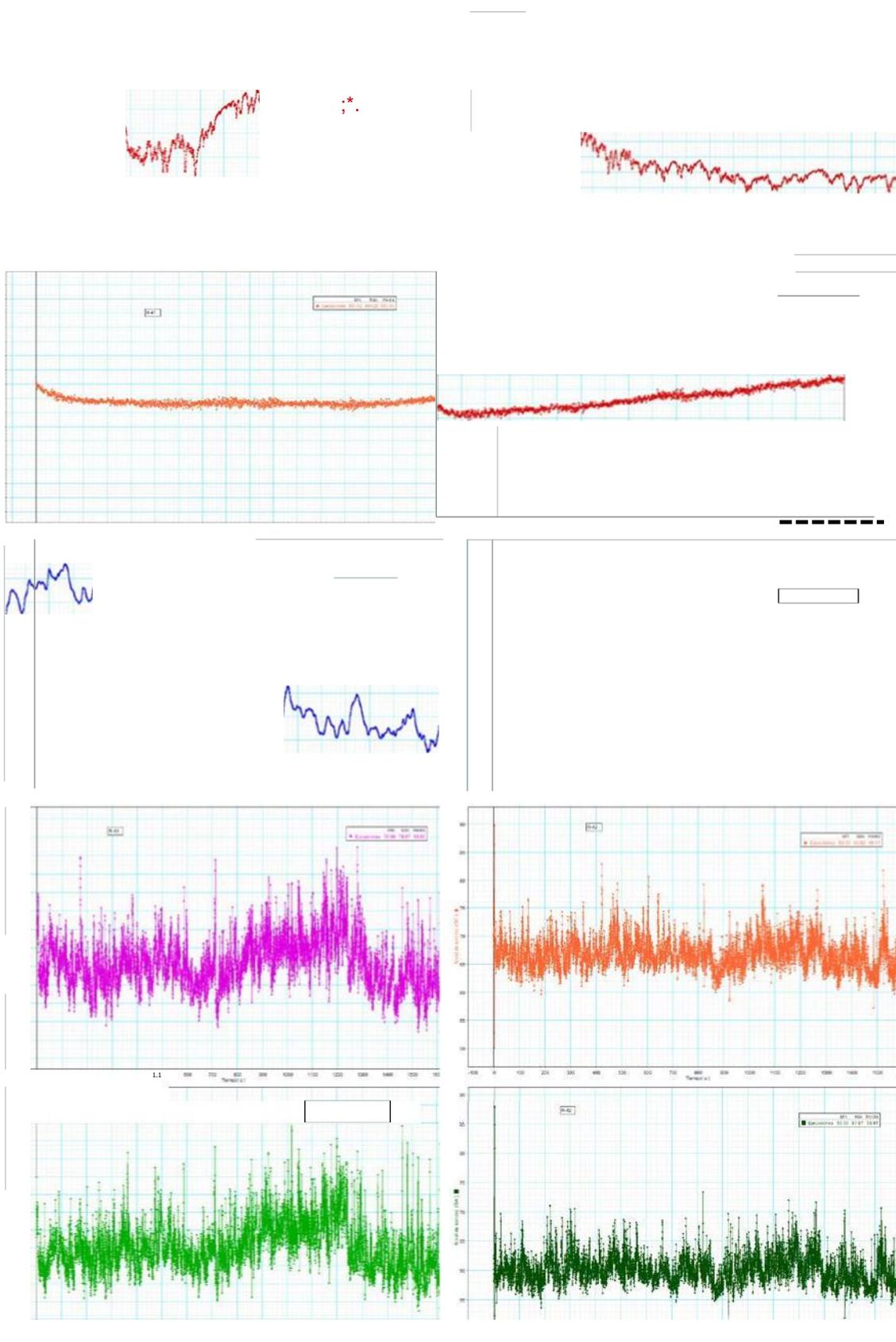
Datos recolectados en la estación R-02.



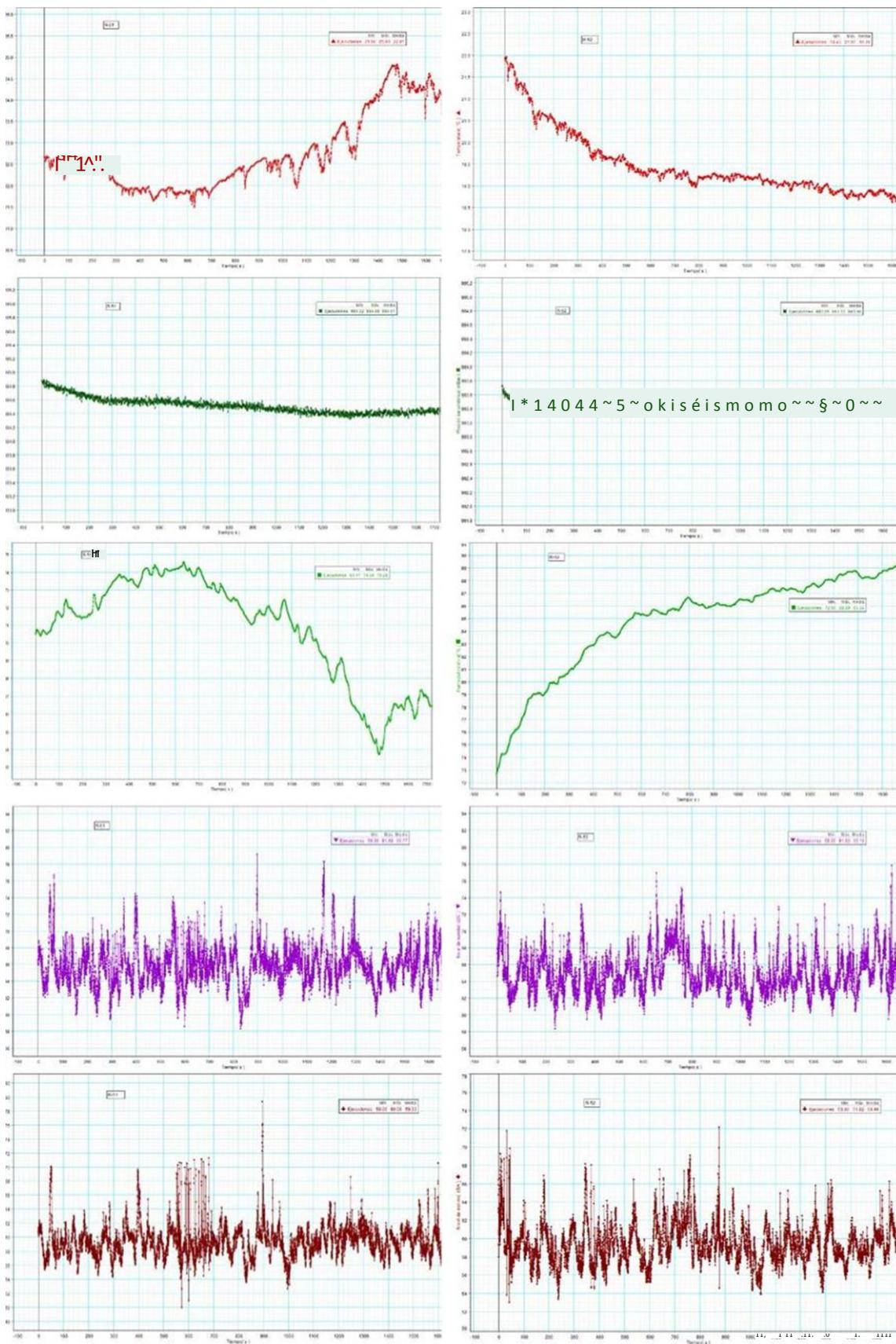
Datos recolectados en la estacion R-U3.



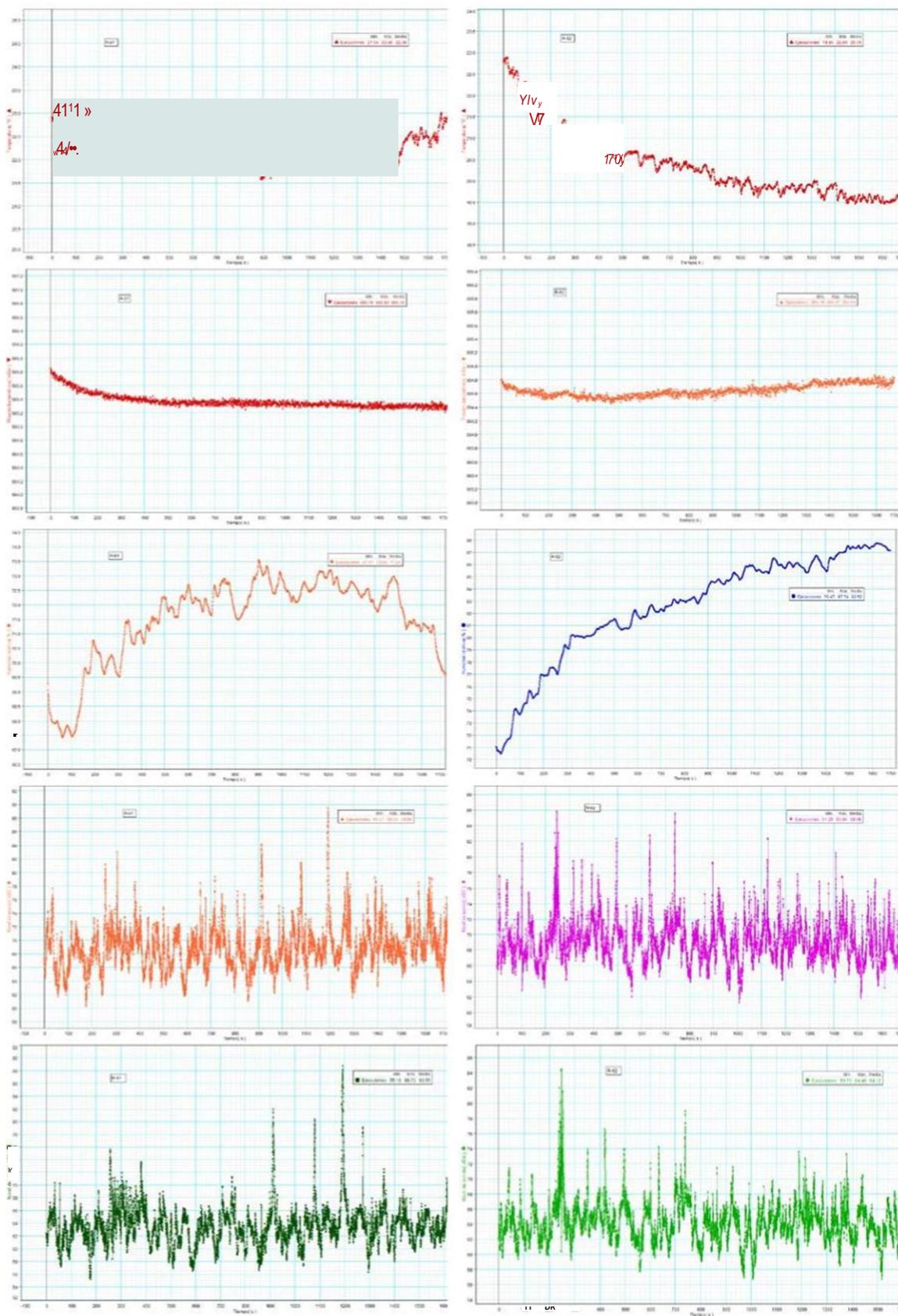
Datos recolectados en la estación R-04.

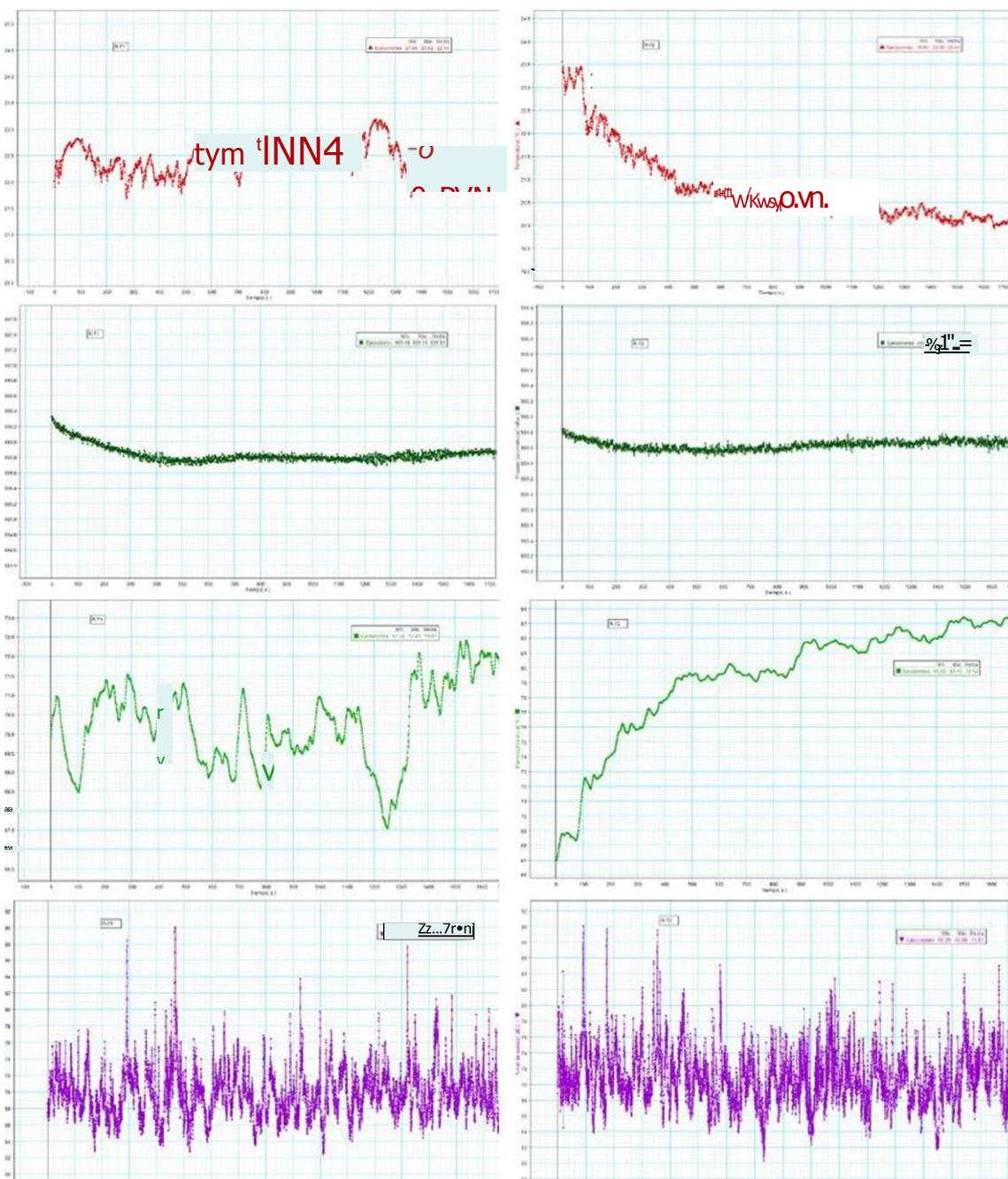


Datos recolectados en la estación R-05.

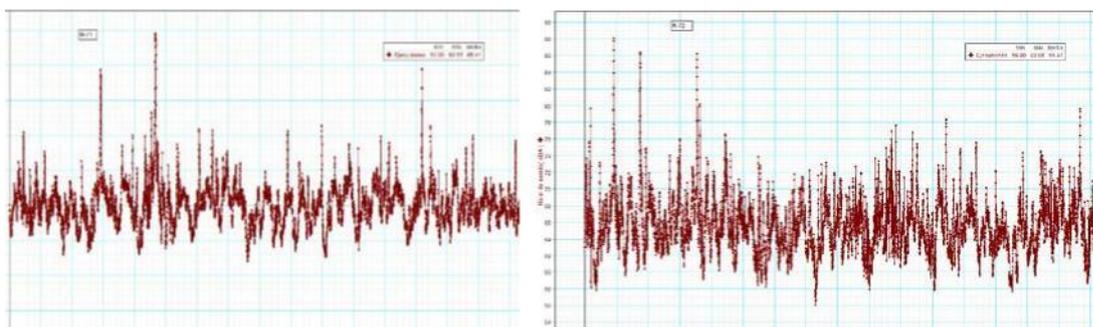


Datos recolectados en la estacion R-U6.

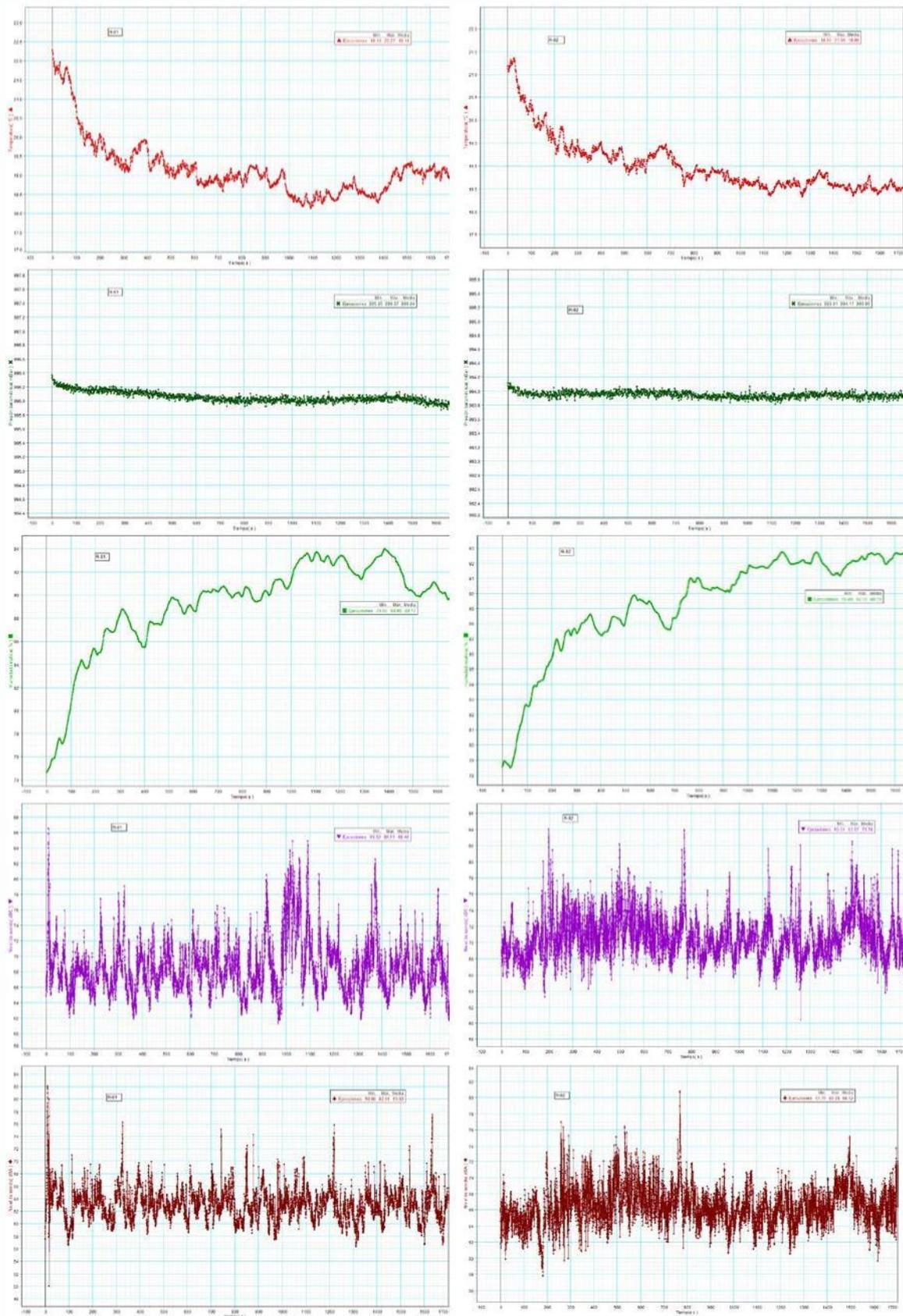




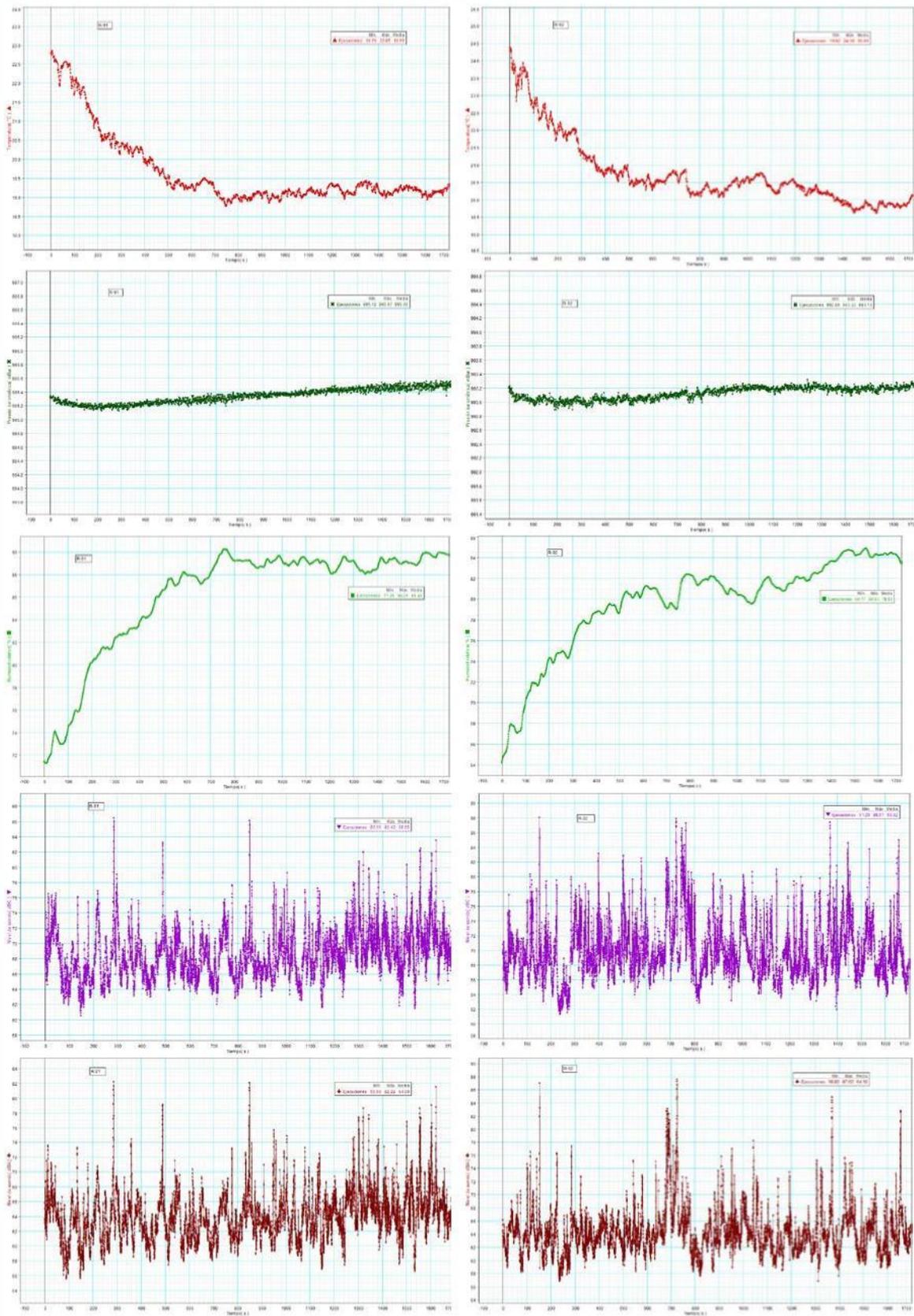
Datos recolectados en la estación R-07.



Datos recolectados en la estación R-08.



Datos recolectados en la estación R-09.



Datos recolectados en la estación R-10.



1115Simmi.~.40(00110.0411~+ξ~94,1400~91 1"Somy~1~4~0~111midáowsilwa~001