



Reporte Final de Residencia Profesional

Mediciones del nivel de ruido y espectro en frecuencias generadas por flujo vehicular en Querétaro, equipo 2

Empresa: Centro Nacional de Metrología CENAM

Ivan Augusto Alarcón Herrera

No. Control 10041246

Carrera: Ingeniería Electrónica

Asesor interno: Dr. Fernando Blanco Castañeda

Asesor Externo: Ing. Maricela Gamiño Galindo

Periodo de realización:

Septiembre - Diciembre 2015

Durango, Dgo., diciembre de 2015

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iii
NOTACIÓN.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Particulares.....	2
1.3 Caracterización del área o empresa donde se participó.....	3
1.4 Problemas a Resolver.....	6
1.5 Alcances y Limitaciones.....	6
II. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	8
2.1 Marco conceptual.....	8
2.1.1 Ruido.....	8
2.1.2 Elementos de contaminación acústica.....	8
2.1.3 Decibeles.....	9
2.1.4 Sonómetro.....	10
2.1.5 Frecuencia.....	11
2.1.6 Curvas de ponderación.....	13
2.1.7 Nivel continuo equivalente (Leq).....	15
2.1.8 Nivel continuo equivalente en ponderación “A” (LAeq).....	15
2.1.9 Dosis de ruido.....	15
2.1.10 Regla de los tres decibeles.....	16
2.1.11 Nivel sonoro día-tarde-noche.....	16
2.2 Marco investigativo.....	17
2.2.1 Establecer puntos de medición.....	17
2.2.2 Selección de instrumentos de medición.....	18
2.2.3 Elección del tiempo de muestreo.....	19
2.2.4 Condiciones meteorológicas.....	20
2.2.5 Configuración del sonómetro.....	20
2.2.6 Calibración.....	21
2.2.7 Factores a tomar en cuenta.....	22

2.2.8 Mediciones.....	22
2.3 Marco contextual	23
2.3.1 Densidad poblacional.....	23
2.3.2 Economía.....	23
2.3.3 Flujo vehicular.....	24
III. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	
3.1 Elaboración de un plan de trabajo	26
3.2 Elección de puntos de medición	26
3.3 Selección del equipo.....	30
3.4 Mediciones.....	33
IV. RESULTADOS	
4.1	
4.2	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	
ANEXOS.....	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Vista satelital del CENAM	5
Figura 2.1	Curva de audición	12
Figura 2.2	Frecuencia en octava y tercio de octava.....	13
Figura 2.3	Grafica de las curvas de filtro de ponderación	14
Figura 3.1	Asignación de valores a los horarios, puntos y días	28
Figura 3.2	Distribución aleatoria.....	29
Figura 3.3	Grupos de medición	30
Figura 3.4	Mediciones agrupadas	30
Figura 3.5	Kestrel 4 500.....	32
Figura 3.6	Sonómetro	32
Figura 3.7	Formato para mediciones	
Figura 3.8	Equipo instalado en el punto de medición.....	35
Figura 3.9	Datos depurados y ordenados por punto	
Figura 3.10	Datos agrupados por zona.....	
Figura 4.1	Grafica de los valores en ponderación “A” de la medición	
Figura 4.2	Grafica del espectro de frecuencia de la medición	
Figura 4.3	Grafica del grupo uno.....	
Figura 4.4	Grafica del grupo dos.....	
Figura 4.5	Grafica del grupo tres.....	
Figura A.1	Mapa de puntos de medición	
Figura B.1	Calendarios de medición.....	
Figura C.1	Recomendaciones del estadístico	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Valores de referencia	10
Tabla 2.2	Límite máximo permisible para una fuente de ruido	16
Tabla 2.3	Tiempo máximo de exposición al ruido proporcional al aumento de 3 dB.....	16
Tabla 2.4	Horarios de medición	17
Tabla 3.1	Ubicación de los puntos de medición.....	27
Tabla 3.2	Mediciones de la primer quincena.....	33
Tabla 3.3	Puntos de las últimas mediciones	36

I. INTRODUCCIÓN

El ruido es un problema que afecta hoy en día a varias áreas de la sociedad, en este proyecto nos dimos a la tarea de medir ~~dieh~~ los niveles de ruido en las zonas habitacionales, comerciales y de tráfico. Como no existe ninguna norma mexicana que nos indique como realizar estas mediciones en una ciudad como Santiago de Querétaro, nos pusimos a investigar distintas normas de medición de ruido que existen en México ~~junco~~ junto con varios documentos relacionados a la medición de ruido, para poder basarnos en ellos y tener un punto de partida, también decidimos tomar algunos postulados de estadística para poder respaldar las mediciones y tener un mejor resultado. Una parte importante de este proyecto fue el contar con el equipo adecuado y el saber el correcto uso de este para poder llevar a cabo estas mediciones, por eso fue importante estudiar los manuales de cada uno de los equipos que se utilizaron. También es importante el saber y conocer los efectos del ruido en la salud de las personas para comprender porque este estudio fue tan necesario, estos efectos son mencionados en este documento.

Durante este proyecto desarrollamos una serie de pasos que para poder realizar las mediciones de ruido, basándonos en la información que pudimos recabar, fue necesario proponer una buena logística ya que las mediciones que se realizaron deben de cumplir con ciertas características que son descritas en este proyecto. Este estudio nos permitirá darnos cuenta si los niveles que se presentan en cada zona pueden presentar un problema para la salud, y ver si en los hogares de Querétaro los niveles son apropiados, o si se pueden presentar afectaciones físicas o psicológicas con los niveles que se presentan en las zonas habitacionales, y con los resultados que se obtengan en esta investigación nos servirán como base para en investigaciones posteriores se puedan probar distintos materiales para ver cuales pueden reducir los niveles de ruido, y poder crear normas mexicanas para la medición de ruido en una ciudad y normas para la construcción de casas para bajar estos niveles en viviendas mexicanas .

1.1 Justificación

El ruido (cualquier sonido indeseable) ambiental es un problema típico de los asentamientos humanos. Los impactos del ruido sobre la salud son una preocupación cada vez mayor entre la población y los responsables del diseño de políticas de salud y convivencia. Expertos en salud pública coinciden en que los riesgos ambientales constituyen el 24% de las causas de enfermedades. Durante los últimos años la ciudad de Santiago de Querétaro ha presentado un crecimiento, principalmente en el área industrial, lo que ha provocado el crecimiento de la población y del número de vehículos que circulan en la ciudad y con ello que la cantidad de ruido generado aumente en consecuencia.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Realizar mediciones de ruido en la ciudad de Querétaro en varios puntos de la ciudad y a diferentes horas, lo que permitirá caracterizar el ruido en la ciudad de Querétaro en las condiciones actuales, para poder determinar cuáles son los principales componentes de ruido, para plantearse la posibilidad de reducir el ruido en las viviendas de la ciudad, el estudio también servirá como punto de comparación respecto al “mapa de ruido” obtenido en 1999 durante el proyecto “Medición de ruido vehicular en la ciudad de Querétaro”, en su primera etapa.

1.2.2 Objetivos específicos

- Primero se realizarán investigaciones temas y normas relacionadas a la medición de ruido.
- Segundo se recibirán capacitaciones del equipo utilizado para realizar mediciones.
- Tercero se realizarán las mediciones en los puntos y horas establecidas para obtener los datos.

- Cuarto se analizarán los datos obtenidos.

1.3 Características del área de desarrollo

El Centro Nacional de Metrología (CENAM) es el laboratorio nacional de referencia en materia de mediciones, es responsable de establecer y mantener los patrones nacionales, ofrecer servicios metrológicos como calibración de instrumentos y patrones, certificación y desarrollo de materiales de referencia, cursos especializados en metrología, asesorías y venta de publicaciones. Mantiene un estrecho contacto con otros laboratorios nacionales y con organismos internacionales relacionados con la metrología, con el fin de asegurar el reconocimiento internacional de los patrones nacionales de México y, consecuentemente, promover la aceptación de los productos y servicios nacionales.

Misión

Apoyar a los diversos sectores de la sociedad en la satisfacción de sus necesidades metrológicas presentes y futuras, estableciendo patrones nacionales de medición, desarrollando materiales de referencia y disseminando sus exactitudes por medio de servicios tecnológicos de la más alta calidad, para incrementar la competitividad del país, contribuir al desarrollo sustentable y mejorar la calidad de vida de la población.

Visión

Ser una organización científica y tecnológica de excelencia en el ámbito de la metrología a nivel nacional e internacional; origen de la trazabilidad de las mediciones en el país; reconocida por la eficiencia y confiabilidad de sus servicios; puente efectivo entre el conocimiento y sus aplicaciones; promotora de la cultura metrológica, que trabaja con personal de reconocido prestigio en un ambiente de superación integral continua y de sólidos valores éticos.

~~División~~ Dirección de Vibraciones y Acústica.

La manufactura, la ecología, la seguridad, la higiene laboral y la salud son sectores de la sociedad en los cuales los fenómenos vibratorios tienen una

amplia incidencia. Por ejemplo, en la fabricación de automóviles y aparatos electrodomésticos es importante asegurar de forma cuantitativa que los niveles de ruido y vibración se encuentran dentro de tolerancias contribuyendo a que su desempeño sea óptimo, y disminuir la contaminación por ruido, contribuyendo una mejor calidad de vida. Por otra parte, la prestación de mejores servicios médicos, como audiometrías, terapias físicas y diagnósticos clínicos con ultrasonido, también están asociados con las capacidades de medición y calibración de la ~~División~~ Dirección de Vibraciones y Acústica del CENAM.

La ~~división~~ Dirección de vibraciones y acústica enfoca sus esfuerzos en el cumplimiento de tres objetivos fundamentales:

- El establecimiento y mantenimiento de patrones nacionales en su ámbito de trabajo
- La diseminación de la exactitud de los patrones a través de los servicios de calibración
- La preparación y capacitación de personal como apoyo al sistema metrológico nacional

Actualmente se cuenta con siete patrones nacionales de medición y catorce laboratorios, con sistemas de mediciones en acústica, ultrasonido y vibraciones con los cuales es posible brindar mediciones de alta exactitud. Los servicios de calibración, medición y análisis de alta confiabilidad se realizan con procedimientos, técnicas y métodos validados, con forme lo establecen normas nacionales e internacionales.

La ~~división~~ Dirección de vibraciones y acústica mantiene actualmente los patrones nacionales de:

- Aceleración alternante
- Aceleración transitoria en impacto y choque
- Acústica en presión

- Sonometría
- Acústica en campo libre
- Ultrasonido
- Medición de potencia ultrasónica

La división-Dirección de vibraciones y acústica se ha dividido en tres especialidades de trabajo:

- Grupo con especialidad en vibraciones
- Grupo con especialidad en acústica
- Grupo con especialidad en ultrasonido



Figura 1.1 Vista satelital del Centro Nacional de Metrología (20.536228 N y -100.254492 W).
Fuente: Google Earth..

1.4 Problemas a Resolver

El ruido es un problema ambiental mayor, especialmente en las zonas urbanas, afectando a un gran número de personas, el ruido puede generar afectaciones a la salud, tanto físicas como psicológicas si se expone a niveles muy altos.

Actualmente el aumento y desarrollo de zonas industriales y comerciales, junto con el rápido crecimiento que tiene la ciudad de Santiago de Querétaro ha generado que se aumenten los niveles de ruido de la ciudad, provocando que se aumente el riesgo de que los ciudadanos presenten afectaciones físicas y psicológicas como las siguientes:

- Afectaciones Físicas: Malestar, estrés, trastorno de sueño, perdida de atención perdida de oído, afectaciones cardiovasculares.
- Afectaciones Psicológicas: Conducta agresiva, falta de atención, baja productividad, mala memoria.

La zona de mayor preocupación es la habitacional, ya que con el crecimiento de la ciudad las zonas habitacionales se encuentran dentro de las zonas industriales, esto con el fin de ahorrarles tiempo en el traslado a los trabajadores y que la ciudad solo se puede expandir en esas direcciones; con esto damos por sentado que la zona más afectada por el ruido es la habitacional y es en la zona en que deben existir menores niveles.

Debido a que varias empresas tienen dos turnos se laboran en horarios nocturnos por lo que se genera un problema para las personas que viven cerca de dichas empresas, ~~provocando generando~~ problemas como la falta de sueño y estrés, provocando que tengan un ~~menor pobre~~ desempeño en sus actividades.

1.5 Alcances y limitaciones del proyecto

El proyecto de medición de los niveles de ruido en Querétaro, se limita precisamente a solo la ciudad de Querétaro, por lo tanto es solo un proyecto

local, mas sin embargo con los datos obtenidos en este proyecto se pueden generar normas para la construcción, para que usen materiales que eviten el paso del ruido a las casas, estas normas pueden aplicarse a todo México por lo tanto su alcance puede ser nacional.

Algunas de las limitaciones o problemas que se pueden presentar es principalmente las condiciones ambientales, dado que esto generaría problemas en las mediciones y solo queremos captar el ruido que se genera en condiciones normales, otro de los problemas que se puede presentar es la obstrucción del micrófono, es necesario medir en el mismo lugar en todas las repeticiones, puede que se coloque algún objeto que nos haga pantalla y nos reduzca el ruido que captamos, otro de los posibles problemas que tengamos son las personas que estén pasando por la zona en la que estemos y quieran tocar o que pasen muy cerca y puedan mover o tirar el equipo, para esto tendremos que estar pendiente del equipo en todo momento.

Uno de los problemas que se nos presentó durante las mediciones iniciales fue que se había programado 144 mediciones en la primera parte del proyecto y algunas de ellas eran en el horario que se consideraba nocturno que va de las 22:00h a las 6:59h, era un poco riesgoso el medir a estas horas con todo el equipo, para tratar de solucionar este problema se solicitó al municipio de Querétaro la asistencia de una patrulla para que nos acompañara durante estas mediciones, pero la solicitud nos fue negada, por eso no pudimos realizar las mediciones que se tenían planeadas para la primer parte, para poder completar el número de mediciones que se tenían previstas para realizar el primer análisis de datos fue necesario meter algunas mediciones que se tenían agenda—das para la segunda mitad. Otro problema que enfrentamos fue que durante las primeras mediciones se dañó la membrana del micrófono que estábamos utilizando y hubo diez mediciones que se hicieron con el micrófono dañado, aunque no parecía haber una afectación en las mediciones puesto que solo vario la atenuación del mismo por eso al calibrar el micrófono se vio que no había ningún problema en utilizar esas

mediciones. Sin embargo se reemplazó el micrófono con otro del mismo modelo para continuar con las mediciones.

II. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Marco Conceptual

2.1.1. Ruido

El ruido es la sensación auditiva inarticulada generalmente desagradable. En el medio ambiente, se define como todo lo molesto para el oído o, más exactamente, como todo sonido no deseado, algunos efectos del ruido sobre la salud son:

- Afectaciones Físicas: Se pueden producir en el trabajo o ambientes sonoros en torno a los 100 decibel~~es~~**es**, algunas tan importantes como la pérdida parcial o total de la audición, pérdida del equilibrio, etc.
- Afectaciones psicológicas: Producidas por exceso de ruido, se pueden citar el estrés, las alteraciones del sueño, disminución de la atención, depresión, falta de rendimiento o agresividad.

2.1.2. Elementos de contaminación acústica

El ruido puede ser emitido desde un foco puntual, un foco espacial o un foco lineal. El ruido va disminuyendo conforme la distancia con respecto al foco se va incrementando.

Son muchas las fuentes de ruido, pero sin embargo en el fondo acústico destacan algunos elementos que por su distribución y abundancia crisan particularmente las fatigadas neuronas de los sufridos e indefensos ciudadanos que conviven cotidianamente con la avalancha sonora. Algunos de estos elementos son los siguientes:

- Tráfico rodado, en especial las motocicletas, los camiones es otro de los principales problemas en esta categoría junto con el tráfico en las horas pico.
- Actividades de ocio, bares, discotecas, pubs, etc. Aunque generalmente los locales suelen respetar las ordenanzas municipales, el solo trasiego

de personas que entran o salen o que se quedan en la calle, gritos, voces, etc. hacen que el descanso y el sueño sean difícil de conciliar.

- Obras y construcción, el ruido causado por un martillo neumático o periodos prolongados de obras, levantamiento de calles, construcción de viviendas, etc. puede adquirir fácilmente una dimensión compleja de soportar.
- Voces, parques infantiles, acontecimientos culturales o deportivos, verbenas, etc, el ruido que supone en ocasiones puede dar lugar a situaciones puntuales muy estresantes.
- Industrias, aunque las grandes fábricas por lo general han abandonado la ciudad, son numerosos los talleres y pequeñas industrias las integradas en el tejido urbano con el consiguiente aumento del nivel sonoro.

2.1.3. Decibeles

El decibel es una unidad logarítmica de medida utilizada en diferentes disciplinas de la ciencia. En todos los casos se usa para comparar una cantidad con otra llamada de referencia, como se muestra en la fórmula 2.1.

$$dB = 10 \log_{10} \left(\frac{W_2}{W_1} \right) \quad (2.1)$$

En Acústica la mayoría de las veces el decibel se utiliza para comparar la presión sonora, en el aire, con una presión de referencia. Este nivel de referencia tomado en Acústica, es una aproximación al nivel de presión mínimo que hace que nuestro oído sea capaz de percibirlo. El nivel de referencia varía lógicamente según el tipo de medida que estemos realizando. No es el mismo nivel de referencia para la presión acústica, que para la intensidad acústica o para la potencia acústica. A continuación se dan los valores de referencia en la tabla 2.1

Tabla2.1. Valores de referencia.

Nombre	Nivel de referencia	Presión de referencia
Presión sonora	0.00002	2E-5Pa
Intensidad sonora	0.000000000001	1E-12w/m ²
Potencia sonora	0.00000000001	1E-12w

Fuente: Acústica básica

2.1.4. Sonómetro

El sonómetro es un instrumento ~~de medida~~ que sirve para medir niveles de presión sonora. En concreto, el sonómetro mide el nivel de ruido que existe en determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibel.

El sonómetro mide las diferentes presiones que se generan durante un tiempo determinado (l_{eq}), el valor que nos da al finalizar el minuto de medida es un valor en dB que equivaldría al de una señal de valor continuo durante todo el minuto y que utilizara la misma energía que se ha medido durante el minuto. Hay que observar que en una medida de un minuto los valores varían y si se quiere determinar un valor medio de ruido hay que hacerlo con la función l_{eq} , de otra forma se obtendrán valores erróneos puesto que podemos tener valores de pico durante un instante y no ser representativos del nivel de ruido normal que se está intentado determinar.

Existen 4 clases de sonómetros que se fabrican para medir en distintas condiciones:

- Sonómetro de clase 0: se utiliza en laboratorios para obtener niveles de referencia.
- Sonómetro de clase 1: permite el trabajo de campo con precisión
- Sonómetro de clase 2: permite realizar mediciones generales en los trabajos de campo.
- Sonómetro de clase 3: es el menos preciso y solo permite realizar mediciones aproximadas, por lo que solo se utiliza para realizar reconocimientos.

La circuitería electrónica también permite hacer una ponderación en el tiempo (velocidad con que son tomadas las muestras). Existen cuatro posiciones normalizadas:

- Lento (slow,S): valor eficaz (promedio) de aproximadamente un segundo
- Rápido (fast,F):valor eficaz (promedio) por 125 milisegundos. Son más efectivos ante las fluctuaciones.
- Por impulso (impulse,I):valor eficaz (promedio) 35 milisegundos. Mide la respuesta del oído humano ante sonido de corta duración.
- Por pico (Peak,P):valor de pico. Muy similar al anterior, pero el intervalo es mucho más corto entre los 50 y los 100 microsegundos. Este valor sirve para evaluar el registro de daños en el oído, ante un impulso muy corto pero muy intenso.

Para ajustar los sonómetros se utilizan los calibradores acústicos, aparato que genera un sonido estable a una determinada frecuencia. Se puede leer en la pantalla del sonómetro el nivel producido por el calibrador, por lo que para ajustar el sonómetro se hace la medición y, si todo está correcto, el nivel ofrecido por el sonómetro será muy similar al que se tenía de antemano ya que se permite una variación de hasta 1dB.

2.1.5. Frecuencia

Es el número de variaciones de presión por unidad de tiempo, midiéndose en ciclos por segundo o Hertz (Hz).

Los ruidos generalmente están compuestos por variaciones de presión de diferentes frecuencias. El sistema auditivo humano está capacitado para oír sonidos de frecuencias comprendidas entre los 20 Hz y los 20 000 Hz.

No todas las frecuencias son percibidas con la misma intensidad, siendo el oído humano más sensible en la banda comprendida entre los 500 y 6 000 Hz. Es decir, como se comprueba en las curvas de audición de la figura 2.1, el oído humano se comporta “algo sordo” en bajas y altas frecuencias.

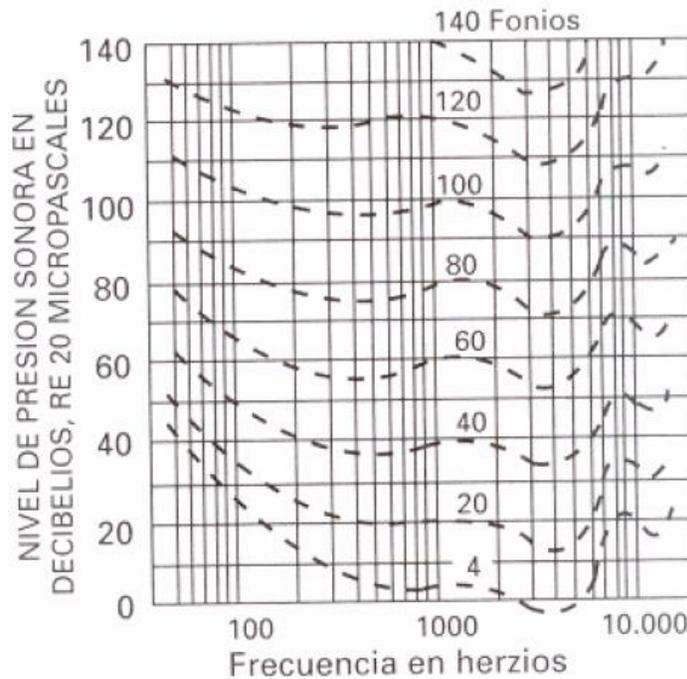


Figura 2.1. Curva de audición
Fuente: Google

La banda de frecuencias en la que fluctúa la voz humana está comprendida entre los 500 y los 2 000 Hz.

Dada la amplia banda o gama de frecuencias audibles, para realizar estudios de ruido no es posible analizarlas una a una, por lo que ha sido dividida dicha banda en 10 bandas más pequeñas denominadas octavas que se denominan y conocen por su frecuencias centrales: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2 000, 4 000, 8 000 Hz. Para estudios de mayor precisión, se definen bandas de menor ancho, denominadas tercios de octava, a saber 1/3 de las bandas anteriores, para ilustrar lo anterior véase la figura 2.2

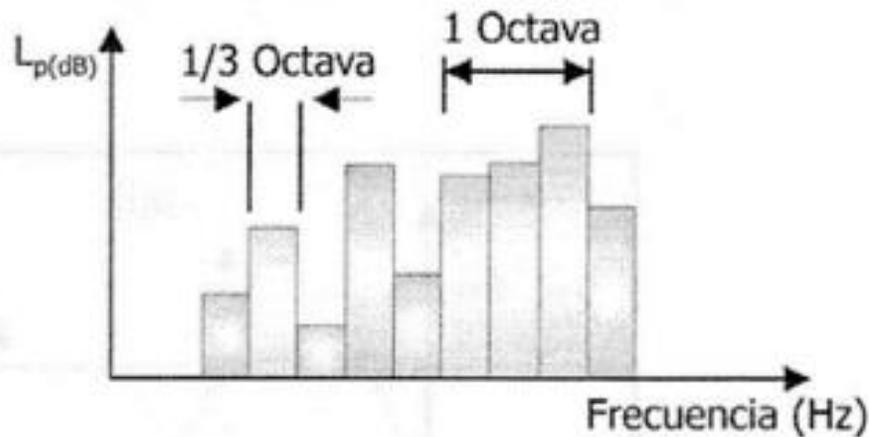


Figura 2.2. Frecuencia en octava y tercio de octava

Fuente: Google

El análisis de frecuencia de bandas de octava es necesario para investigar una fuente sonora, y predecir las características de aislamiento necesarias para las barreras anti ruido, recintos aislantes o para medir la reducción de ruido entre muros comunes.

También es de gran valor cuando se quiere diseñar un sistema de control de ruidos, para definir las modificaciones mínimas necesarias que hagan al sistema útil para las especificaciones requeridas.

2.1.6. Curvas de ponderación

El oído no se comporta igual para el mismo nivel de presión en diferentes frecuencias. Por ejemplo tomemos un sonido lineal en toda la banda de 20 Hz a 20 kHz tenemos en todas las bandas un nivel de 30 dB, si nuestro oído fuese lineal oíríamos los mismo o mejor con la misma intensidad auditiva las frecuencias más bajas, que las medias y que las agudas. Sin embargo como ya lo vimos el oído humano tiene una menor sensibilidad en las frecuencias más graves, y en las más agudas frente a las medias. Lo que más oímos por tanto son las frecuencias medias.

Un filtro de ponderación está diseñado para atenuar una señal acústica conforme a las curvas estándares de ponderación aceptadas internacionalmente. De esta forma un instrumento de medición de ruido debe

tener una o más características/funciones de ponderación para los dominios de frecuencia y tiempo. Las curvas de ponderación en frecuencia se designan como:

- Ponderación A. Expresando la lectura del nivel acústico como dB(A). Las características de la ponderación A es frecuentemente especificada para la medición de sonido. Esta es la curva de ponderación más empleada por su mejor correlación entre los valores medidos y la molestia causada por señales acústicas.
- Ponderación B. El nivel acústico se expresa como dB(B). Nótese que una ponderación es equivalente a un filtro con funciones de re-escala, dando mayor o menor importancia a los contenidos de frecuencia de una señal
- Ponderación C. Esta función de ponderación idealmente puede generarse con dos polos en el plano complejo de frecuencias sobre el eje real situados en 20.6Hz, para atenuar las bajas frecuencias y dos polos sobre el eje real localizado en 12200Hz para las altas frecuencias.

La siguiente figura ilustra la respuesta a la frecuencia de las ponderaciones A, B y C.

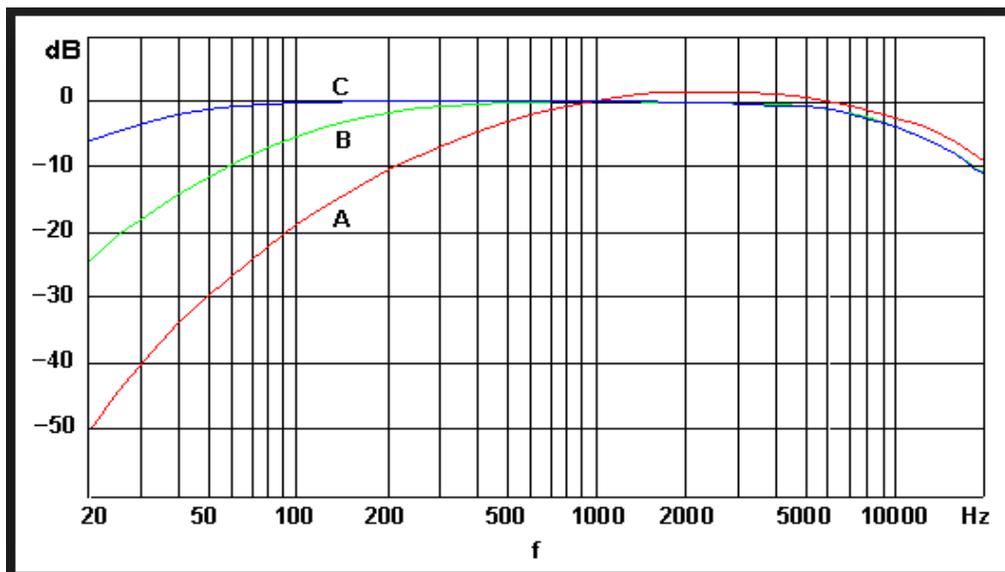


Figura 2.3. Grafica de las curvas de filtro de ponderación
Fuente: Google

2.1.7. Nivel continuo equivalente (Leq)

La gran mayoría de los ruidos en los lugares de trabajo tienen niveles de presión acústica variables. Lo que se pretende con el Leq es poder signar al ruido variable un único valor que refleje el nivel de un ruido constante que tuviese la misma energía que el ruido variable en el periodo de tiempo estudiado.

Para saber qué nivel de ruido tenemos presente en un recinto, es necesario conocer el nivel sonoro equivalente existente en ese lugar, porque es el descriptor de ruido más utilizado por las normas y leyes, al promediar la energía sonora variable durante el tiempo de análisis. Es la base de otros indicadores de ruido.

Se define como el nivel sonoro medido en dB(A) de un ruido supuesto constante y continuo durante toda la jornada, cuya energía después de atravesar la red A sea igual a la correspondiente al ruido variable a lo largo de la jornada.

2.1.8. Nivel continuo equivalente en ponderación "A" (LAeq)

Nivel sonoro continuo equivalente. Se define en la ISO 1996 como el valor del nivel de presión en dB en ponderación A de un sonido estable que en un intervalo de tiempo T posee la misma presión sonora cuadrática media que el sonido que se mide y cuyo nivel varía con el tiempo.

Los LAeq,T representativos de los distintos subciclos(i), en su caso, nos conducirán al LAeq mediante la expresión:

$$LAeq = 10 \log \left(\frac{1}{T} \sum_i T_i 10^{0.1 L_{Aeq,T_i}} \right) \quad (2.2)$$

2.1.9. Dosis de ruido

Se define como dosis de ruido a la cantidad de energía sonora que un trabajador puede recibir durante la jornada laboral y que está determinada no sólo por el nivel sonoro continuo equivalente del ruido al que está expuesto sino también por la duración de dicha exposición. Es por ello que el potencial de daño a la audición de un ruido depende tanto de su nivel como de su duración. La NOM-081-SEMARNAT-1994 (profepa): establece los límites

máximos permisibles de emisión de ruido de una fuente fija y el método de medición, los horarios límites permisibles para que una fuente opere a determinada presión sonora es la establecida por la Tabla 2.2:

Tabla2.2. Límite máximo permisible para una fuente de ruido.

Turno	Horario	Decibeles
Día	6:00 a 21:59 Horas	68 dB
Noche	22:00 a 5:59 Horas	65 dB

Fuente: NOM-081-SEMARNAT

2.1.10. Regla de los tres decibeles

Esta regla asume que el daño es proporcional al total de la energía acústica ponderada en A, absorbida por el oído, sin importar si la exposición a ruido es continua o intermitente.

Al haber un incremento de 3 dB la energía se duplica, como muestra la tabla 2.3.

Tabla2.3. Tiempo máximo de exposición al ruido proporcional al aumento de 3 dB

Tiempo	NSCE (dBA)
8 horas	90
4 horas	93
2 horas	96
1 hora	99
30 minutos	102
15 minutos	105

Fuente: NOM-011-STPS

2.1.11. Nivel sonoro día-tarde-noche

La Directiva 2002/49/CE de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, propone el indicador Lden, nivel equivalente día-tarde-noche en decibelios A, y se calcula según la fórmula 2.3:

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right) \quad (2.3)$$

- L_{day} es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos diurnos de un año.
- $L_{evening}$ es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos vespertinos de un año.
- L_{night} es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos nocturnos de un año

Todo esto se resume a la tabla 2.4 donde se fijan los horarios de medición en los cuales se consideran día, tarde y noche.

Tabla 2.4 Horarios de medición

Turno	De	Hasta
Día	07h00	18h59
Tarde	19h00	21h59
Noche	22h00	06h59

Fuente: Elaboración propia

2.2 Marco Investigativo

2.2.1. Establecer puntos de medición

En esta etapa se elegirán los puntos dentro de la zona crítica o de la zona donde se genera mayor cantidad de ruido, dentro de cada zona se ubicaran como mínimo 5 puntos tanto vertical como horizontalmente en forma aleatoria. Esto lo hacemos en base a dos principios estadísticos muy importantes para la validación de pruebas estadísticas:

- Aleatorización. Consiste en hacer las corridas experimentales en orden aleatorio y con materiales también seleccionados aleatoriamente. Este principio aumenta la probabilidad de que el supuesto de independencia de los errores se cumpla, lo cual es un requerimiento para la validez de las pruebas de estadísticas que se realizan. También es una manera de asegurarse que las pequeñas diferencias provocadas por materiales, equipo y todos los factores no controlados, se repartan de manera homogénea en todos los tratamientos.
- Repetición. Es correr más de una vez un tratamiento o una combinación de factores. Repetir es volver a realizar un tratamiento, pero no inmediatamente después de haber corrido el mismo tratamiento, sino cuando corresponda de acuerdo con la aleatorización. Las repeticiones permiten distinguir mejor que parte de la variabilidad total de los datos se debe al error aleatorio y cual a los factores.

El número de mediciones por punto que se deben establecer ha de ser los suficientes como para determinar el nivel de ruido ambiental.

Se ubicaran en un croquis para su fácil y rápida ubicación, se deberán de realizar las mediciones de forma continua en base a un tiempo establecido, no debe de haber ningún obstáculo que interfiera con las mediciones en los puntos y lugares establecidos.

2.2.2. Selección de instrumentos de medición

Muchas ordenanzas, normas o especificaciones exigen la obtención de los niveles sonoros con ponderación A, de manera que para cumplir con estas exigencias es válido un sonómetro con promedio temporal exponencial o un sonómetro integrador.

Pero en ocasiones esos niveles sonoros se han de presentar en términos de niveles de presión sonora de bandas de octava o tercios de octava, de manera que será preciso un analizador de espectro o un juego de filtros de frecuencia si se utiliza un sonómetro.

La NOM-081 nos enlista los instrumentos necesarios para realizar mediciones de ruido en fuentes fijas:

- Un sonómetro de precisión
- Un calibrador piezoeléctrico o pistofono específico al sonómetro empleado
- Un cable de extensión del micrófono, con longitud mínima de 1m.
- Un tripié para colocar el micrófono o equipo receptor.
- Un protector contra viento del micrófono.

Esta norma es solo para mediciones de fuentes fijas, pero en este caso serán mediciones en campo abierto y no hay normas Mexicanas para este tipo de medición, así que solo los usaremos como medio de referencia para realizar nuestras mediciones.

2.2.3. Elección del tiempo de muestreo

El intervalo unitario de tiempo de medición es de una hora, la cual puede ser medida en forma continua o en intervalos de tiempo inferiores hasta completar como mínimo quince minutos de captura de información. Si el ruido es estable (es decir, fluctúa en un intervalo de 3 dB), se toma como mínimo 3 mediciones de 5 minutos cada una, para evitar incurrir en mediciones que pudieran resultar de baja representatividad.

Si el ruido es fluctuante (es decir, fluctúa en un intervalo de más 3 dB), se debe tener por lo menos una medición que cubra el tiempo de estabilización, capturando como mínimo quince minutos de información, si el tiempo de estabilización es mayor que quince minutos, la medición debe prolongarse hasta que se establezca el nivel sonoro continuo equivalente, LAeq.

Para determinar el tiempo de estabilización se debe revisar en la pantalla del sonómetro la lectura del nivel LAeq cada minuto a partir del minuto tres de medición. Si las lecturas de LAeq varían en un intervalo de amplitud de 2 dB por espacio de cinco minutos consecutivos, entonces se puede asumir que el tiempo de estabilización se alcanzó. En este procedimiento se debe asegurar que se esté leyendo el nivel de presión sonora continuo equivalente y no el nivel sonoro instantáneo.

2.2.4. Condiciones meteorológicas

Las condiciones ambientales o meteorológicas se deben siempre de tomar en cuenta para la medición de ruido puesto que hay factores que pueden darnos resultados inútiles, aquí se muestran algunos factores que se deben tomar en cuenta de las condiciones meteorológicas cuando se hagan mediciones:

- Viento: el viento a través del micrófono produce mucho ruido extraño. Para reducir este ruido, se debe utilizar siempre sobre el micrófono una pantalla antiviento especial, generalmente consistente en una bola de espuma porosa. Si la velocidad del viento se estimara el rededor de 1.6 m/s se empleara dicha pantalla.
- Humedad: principalmente puede afectar a los micrófonos y sobre todo a los tipo condensador, si la humedad relativa es alta. Se deberá cancelar la medición.
- Temperatura: los sonómetros trabajan en una alta gama de temperaturas, sin embargo hay que evitar los cambios bruscos de temperatura que pueden llegar a una condensación del micrófono.
- Presión atmosférica: la respuesta no se suele ver afectada significativamente por los cambios ordinarios de la presión atmosférica, si se realizan los ajustes necesarios, pero a grandes alturas la sensibilidad se puede ver algo afectada, especialmente a altas frecuencias.

2.2.5. Configuración del sonómetro

Los sonómetros deben cumplir las normas ANSI SI.4-1971 Especificaciones para sonómetros, la norma IEC 61672 2013 para sonómetros de precisión.

Cuando recibe una señal acústica, el sonómetro integra la señal de varias maneras. Como resultado el sonómetro puede desplegar un número de características de la señal acústica llamados parámetros, los cuales pueden ser:

- SLP Nivel de presión acústica
- Leq Nivel sonoro continuo equivalente
- SEL Máximo nivel en el intervalo de un segundo

Sin embargo los sonómetros actuales poseen muchos más parámetros que los mencionados anteriormente.

Después de un periodo de estabilización especificado por el fabricante, pero el cual debe ser al menos de diez minutos de duración, las lecturas no deben cambiar dentro de una operación continua de una hora, bajo condiciones de prueba constantes por más de los valores siguientes: 0.2, 0.3, 0.5, 0.5 dB para sonómetros clase 0, 1, 2 y 3 respectivamente.

Para mediciones de ruido, la norma mexicana especifica que la clase del sonómetro que será empleado en las mediciones debe ser al menos clase 2 y debe tener ponderación A y respuesta rápida y lenta.

2.2.6. Calibración

Antes de hacer las mediciones de ruido, se debe verificar o ajustar la calibración del sonómetro de acuerdo con las instrucciones del fabricante, utilizando un calibrador. Se debe registrar la fecha de la última verificación o ajuste de la calibración. Al finalizar la medición, se debe verificar la calibración del sonómetro y de acuerdo con la clase del sonómetro, corroborar que la diferencia entre el ajuste inicial y la verificación final no sea mayor que la precisión de la clase de sonómetro que se esté usando; si por alguna circunstancia la diferencia fuera mayor, se debe repetir la medición.

Cada sonómetro dispone de su modelo de calibrador específico, no siendo válidos todos los calibradores para todos los sonómetros. La calibración del sonómetro la realizamos nosotros mismo, y para ello lo pondremos en modo calibración y le acoplamos el calibrador, que emitirá un sonido a una frecuencia y nivel conocidos.

La calibración deberá de realizarse siguiendo las instrucciones del fabricante y se debe realizar de colocando el sonómetro de forma vertical, insertando el micrófono en el hueco del calibrador.

2.2.7. Factores a tener en cuenta.

Cuando se realizan mediciones de ruido es conveniente tener en cuenta algunos puntos para asegurar la mejor medición posible:

- El equipo de medición debe estar correctamente calibrado.
- Comprobar la calibración, el funcionamiento del equipo, pilas, etc.
- El sonómetro deberá disponer de filtro de ponderación frecuencial “A” y respuesta lenta y rápida.
- Si la medición se realizara al aire libre e incluso en algunos recintos cerrados, deberá utilizarse siempre una pantalla de viento.
- Seguir las instrucciones del fabricante del equipo para evitar la influencia de factores tales como el viento, la humedad, el polvo y los campos eléctricos y magnéticos que pueden afectar a las mediciones.
- Que el tiempo de muestreo sea representativo.

2.2.8. Mediciones

El método a continuación permite estimar, a partir de un cálculo realizado en un número limitado de muestras prefijadas al azar, el valor probable de LAeq y desviación estándar. Este método exige que las mediciones se efectúen de forma aleatoria en el tiempo. Si se pretende obtener el nivel equivalente de diversos puntos de trabajo, la elección de los puntos en los que efectuaremos las mediciones se llevara a cabo mediante la utilización de una tabla de números aleatorios.

Los principales parámetros para la medición de la emisión de ruido son:

- Niveles de presión sonora continua equivalente con filtro de ponderación A, LAeq y ponderación temporal rápida (F).
- Desviación estándar, en el tiempo de muestreo establecido.

El nivel equivalente total debe de calcularse mediante la fórmula LAeq (2.2), la desviación estándar mediante la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{N_{10} - N_{50}}{1.2817} \quad (2.4)$$

2.3 Marco Contextual

En esta sección se presentan algunas características de la ciudad de Santiago de Querétaro, como la población, el flujo vehicular y el crecimiento industrial, comercial y habitacional que presenta la ciudad, debido a que estos son los principales factores que generan el ruido en la ciudad y de ahí viene la importancia en conocer el entorno en que se desarrolla el proyecto.

2.3.1 Densidad poblacional

En 2005, la población de la ciudad de Santiago de Querétaro era de 596 450 habitantes, De acuerdo con los resultados preliminares del XIII Censo de Población y Vivienda, al 12 de junio de 2010 habían 626 517 habitantes en la ciudad mientras que su zona metropolitana alcanzó 1 286 978 habitantes, lo que la convirtió en la décimo-primer zona metropolitana más grande del país. Además, Santiago de Querétaro es la segunda ciudad más grande del bajío, solo después de León, Guanajuato. Con una población de 1 827 937 habitantes, el estado de Querétaro de Arteaga tiene una densidad de población de 120 habitantes por kilómetro cuadrado, que lo posiciona en el octavo lugar nacional. Además, concentra el 46 % de su población total en la capital, Santiago de Querétaro. Esta concentración también se ve reflejada en el hecho de que, del 54 % que vive en el resto de los municipios queretanos, más de la mitad reside en zonas rurales. Para el 2010 en el municipio de Querétaro había 940 749 mujeres y 887 188 hombres, y la población se encontraba distribuida en un 78% en la zona urbana y un 22% en la zona rural. Este crecimiento se debió en gran medida a la llegada de personas que provienen de las entidades vecinas, del 2000 al 2010 llegaron al estado 42 000 personas cada año; es decir, 3 500 por mes; 116 por día, cinco por hora o una cada 12 minutos.

2.3.2 Economía

La ciudad de Santiago de Querétaro, ha captado el mayor crecimiento industrial de la entidad y es el principal núcleo industrial en la zona central de México conocida como el “El Bajío”. Destacan la “Zona Industrial Benito

Juárez”, el “Parque Industrial Querétaro”, el “Parque Industrial Jurica”, el “Parque Industrial Peñuelas”, y finalmente el “Parque La Montaña”.

Por su privilegiada situación geográfica Santiago de Querétaro es desde el siglo XVII una ciudad con gran intercambio comercial, al estar situada entre la ciudad de México y el norte de México, las principales actividades de la ciudad son la industria siendo una de las poblaciones de mayor actividad económica en México: industria automotriz, alimentos, lácteos, comercio, investigación y desarrollo, educación superior, producción de vinos y vid, vidrio y turismo.

Para inicios del 2011 se estima que la ciudad de Santiago de Querétaro y área metropolitana aportan el 67% del PIB del estado, teniendo un PIB la ciudad de \$14 466 173 913.04 dólares americanos y un PIB per cápita de \$13 628.42 por lo que se le puede considerar una ciudad rica en el estándar mexicano que cuenta con un PIB per cápita medio de \$10 170.35.

En 2010 la ciudad presentó un crecimiento económico de 7.20% muy superior al crecimiento nacional de 4.2%.

En mayo de 2011 la ciudad de Santiago de Querétaro contaba con una tasa de desempleo de 5.46%, muy similar a la nacional.

Han influido varios factores para el desarrollo de la economía queretana, entre los que pueden citarse: La cercanía geográfica con la Ciudad de México, a menos de 250 kilómetros; la migración que ha recibido de todo el país; su red carretera; el "clúster" industrial (Celaya, Estado de México y DF); la inversión extranjera directa; el "territorio" turístico que se ha formado con San Miguel de Allende (Guanajuato) y la reserva ecológica en la Sierra Gorda; el turismo nacional e internacional.

2.3.3 Flujo vehicular

De acuerdo a un estudio realizado en 2005 demostró que. El acelerado crecimiento de la zona conurbada de Querétaro genero presiones muy altas en la infraestructura urbana, en particular en el sistema de vialidades. Aunado a

esto, se tenía un crecimiento aun mayor del parque vehicular (9.3% entre los años 1998 y 2003), lo cual ocasiono que un mayor número de personas cambien del transporte público al transporte privado. Estos dos factores, explicaron el crecimiento tan grande en los volúmenes de transito de las arterias principales de la zona, y como consecuencia, la disminució acelerada en su nivel de servicio. Entre las arterias principales destaca el caso de la avenida 5 de Febrero, que de 89 000 vehículos diarios que tenía en promedio en 1993, paso a 139 000 en 2005. También se tuvo incrementos notables en los volúmenes de las arterias colectoras, como el de la avenida Revolución, que de tener en 1993 un volumen promedio de 10 538 vehículos diarios, paso a un volumen de 21 069 en 2005, medidos ambos entre las 6 y las 22h.

II. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

El estudio de campo se realizó con el propósito de determinar la magnitud de los niveles sonoros generados en las zonas habitacionales, de tráfico y comerciales de la ciudad de Querétaro. Con la finalidad de verificar si se encuentran dentro de niveles aceptables o si pueden generar algún problema de salud. También nos servirá para compararlos con los resultados obtenidos en el estudio “Medición de ruido vehicular en la ciudad de Querétaro” realizado en 1999.

3.1. Elaboración de un plan de trabajo

Durante las primeras semanas nos dimos a la tarea de investigar sobre la medición de ruido ya que como se explicó anteriormente no existe alguna norma mexicana que nos indique como realizar este tipo de mediciones, y fue necesario leer e investigar trabajos que estuvieran relacionados al que estamos realizando, la mayor cantidad de documentos relacionados con la medición son de origen europeo. En base a estos y a normas mexicanas se elaboró un plan de trabajo para.

3.2. Elección de puntos de medición

Lo primero para poder realizar las mediciones es establecer cuales serán nuestros puntos de medición, en esta ocasión se tomaron en cuenta algunos lugares que se midieron en el estudio de marzo de 1999, se decidió tomar los puntos más representativos de ese estudio para la nueva investigación, se seleccionaron otros puntos tomando en cuenta lugares con mayor quejas por ruido.

Después de seleccionar los puntos se dividieron por zonas como se muestra en las Tabla 3.1, se tomaron como mínimo cinco lugares en cada una de las zonas, en la zona habitacional se tomaron diez puntos puesto que al principio se pretendía medir fuera y dentro de las casas, pero como no se pudo conseguir a alguien que nos permitiera medir dentro de su casa en algunos

puntos solo se pude medir dentro y fuera de algunos, aunque en general se midió dentro o fuera de la casa.

Tabla3.1. Ubicación de los puntos de medición

Punto	No.	Lugar correspondiente
PC1	1	Plaza galerías en avenida 5 de febrero frente Walmart y Sams.
PC2	2	Fraccionamiento industrial pedrito en avenida peñuelas.
PC3	3	De San Pedro esquina con de San Joaquín en Mercado de Abastos.
PC4	4	Prol. Corregidora fente al Ocasus
PC5	5	Monumento a la corregidora.
PE1	6	Colonia Carretas avenida la acordada y calle salto del agua.
PE2	7	Calle Margaritas cerca de los Arcos.
PE3	8	Casas entre la calle san diego de los padres esquina y Pasteur
PE4	9	Colonia Cimatario cerca de Constituyentes.
PE5	10	Fraccionamiento San Joaquín, Calle San Joaquín no.35.
PH1	11	Colonia Obrera, lateral Prol. Bernardo Quintana
PH2	12	Interior: Colonia Loma Dorada
PH3	13	Col. Virreyes, Calle Virrey de Bucarelli.
PH4	14	Interior: Fraccionamiento San Joaquín, Calle San Joaquín no.35.
PH5	15	Interior: Hércules
PT1	16	Avenida Revolución y acceso 3 frente col. Insurgentes.
PT2	17	Autopista México-Querétaro con Pasteur.
PT3	18	Av. 5 de Febrero esq. Con calle Coahuila en colonia obrera.
PT4	19	Bernardo Quintana Sur enfrente Deportivo Querétaro 2000.
PT5	20	Av. Universidad Esq. Prol. Corregidora

Fuente: Elaboración propia

Los PC, corresponden a la zona comercial, los PE y PH corresponden a la zona habitacional, y la PT a la zona de tráfico, se tomó la decisión de dividirlos en estas tres zonas puesto que nuestro principal interés es ver los niveles que se presentan las la zona habitacional, pero como se ha explicado anteriormente debido al rápido crecimiento de la población y a la falta de planeación, las zonas comercial e industrial y la zona de trafico han comenzado a ser un factor que influye en la zona habitacional.

Es importante mencionar que en las mediciones se eligió un horario que cumpliera con el criterio Lden, puesto que es el criterio más utilizado internacionalmente para la realización de mediciones y se consideró que cada

medición tomaría un tiempo de 2 a 2.5 horas, (tomando en cuenta el guardar datos, traslación e instalación del equipo).

Se ubicaron los puntos de medición en un croquis en el programa Google Earth, para hacer más cortos los tiempos de traslados de punto a punto, para ver el croquis véase el anexo A.

Para este proyecto se eligieron intervalos de una hora, con un periodo de muestreo de un minuto eso quiere decir que obtendremos sesenta registros, esto se decidió gracias a varios documentos y normas mexicanas que recomendaban un tiempo de muestreo de una hora, y con nuestras consideraciones decidimos un periodo de muestreo de un minuto para poder tener una medición más exacta.

Una vez establecidos los puntos de medición, horarios y el número de muestra, se procedió a elaborar una distribución para posteriormente elaborar un calendario de medición, para lograr una distribución aleatoria, a las fechas, horarios y puntos se les asigno un valor como se muestra en la figura 3.1.

Horarios	10	PUNTO	20
07h00 a 09h29	8	PC1	1
09h30 a 11h59	6	PC2	2
12h00 a 14h29	7	PC3	3
14h30 a 16h59	10	PC4	4
17h00 a 18h59	3	PC5	5
19h00 a 21h59	9	PE1	6
22h00 a 00h29	5	PE2	7
00h30 a 02h29	1	PE3	8
02h30 a 04h30	2	PE4	9
04h30 a 06h59	4	PE5	10
Días	7	PH1	11
Lunes	1	PH2	12
Martes	6	PH3	13
Miércoles	5	PH4	14
Jueves	7	PH5	15
Viernes	2	PT1	16
Sábado	4	PT2	17
Domingo	3	PT3	18
		PT4	19
		PT5	20

Figura 3.1. Asignación de valores a los horarios, puntos y días.

Fuente: Elaboración propia

Después se aplica la formula aleatoria a cada tabla para obtener una distribución de tal manera que no siga ningún patrón, esto para poder cumplir con el principio estadístico de aleatorización con el fin de darle una validación estadística; la distribución quedo de la siguiente forma:

Horario	Tiempo	T. de medición	No. de mediciones	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	%	Mañana	Tarde	Noche	Total
Día: 07h00 a 18h59	07h00 a 09h29	2h30	14	2	3	2	3	1	3	0	4.38%	164	39	117	320
	09h30 a 11h59	2h30	28	3	6	5	5	3	3	3	8.75%	51.25%	12.19%	36.56%	100.00%
	12h00 a 14h29	2h30	42	5	8	8	8	4	6	3	13.13%				
	14h30 a 16h59	2h30	41	4	8	8	8	6	3	4	12.81%				
	17h00 a 18h59	2h00	39	5	7	8	8	6	3	2	12.19%				
Tarde: 19h00 a 21h59	19h00 a 21h59	3h00	39	5	7	7	7	7	2	4	12.19%				
Noche: 22h00 a 06h59	22h00 a 00h29	2h30	39	5	8	6	7	5	4	4	12.19%				
	00h30 a 02h29	2h00	39	5	8	7	6	6	4	3	12.19%				
	02h30 a 04h30	2h00	26	3	6	5	4	4	3	1	8.13%				
	04h30 a 06h59	2h30	13	2	2	4	1	3	1	0	4.06%				
		Total	320	39	63	60	57	45	32	24	100%				

Figura 3.2. Distribución aleatoria

Fuente: Elaboración propia

Debido a que el sorteo fue realizado de forma aleatoria se esperaba que cada horario de medición tuviera una concentración cercana al 10%, el color azul en la figura anterior indica que la cantidad de mediciones en día y horario es correcta debido a que no supera el porcentaje antes mencionado, por lo contrario el color rosa (claro y fuerte) nos indica que se ha superado el porcentaje y por consecuencia en algunas de las variables tendrá una mayor concentración de mediciones.

Otro de los principios estadísticos que tomamos en cuenta fue el de repetición, lo que se pretende es que las mediciones que se hagan tengan al menos una repetición para no sesgarlas, para lo cual fue necesario realizar otro sorteo aleatorio en la que se usaron las mismas variables que en el pasado y se agregó la variable grupos como se muestra en la siguiente figura.

- Cámara TESCAM.
- Kestrel 4 500
- Pantalla contra vientos.
- Tripie ajustable.
- Software BZ-5503 de Brüel & Kjae.
- Formatos para recolección de datos.
- Excel.
- Google Earth.

Se eligió este equipo para las mediciones ya que cuenta con todas las especificaciones que nosotros requerimos, durante estas mediciones, se grabó video para poder contabilizar cuantos vehículos generaban los niveles medidos y en que categoría se clasifican (ligero o pesado), esto lo decidimos en base a recomendaciones encontradas en algunos documentos de medición, sin embargo por la falta de tiempo no se pudo llegar a esta parte de analizar las grabaciones, pero se cuenta con estas grabaciones para las siguientes etapas del proyecto.

Como se mencionó dentro del marco investigativo uno de los pasos para poder realizar mediciones era el saber las condiciones meteorológicas del lugar de la medición, esto para hacer los ajustes necesarios para que nuestra medición sea lo más exacta posible, por ejemplo si el viento va a 1.6 m/s es necesario utilizar la pantalla de viento. Para poder saber las condiciones meteorológicas utilizamos el Kestrel 4 500 (figura 3.5) gracias a este podíamos saber cuáles eran las condiciones y si era necesario ajustar nuestro equipo o incluso si era necesario el posponer la medición.



Figura 3.5. Kestrel 4 500
Fuente: Google

El sonómetro 2250 es el equipo más importante ya que con el haremos nuestras mediciones, por eso fue de gran importancia leer y entender el manual de usuario, “Hand-held Analyzer 2250Light”, para poder configurarlo con nuestras necesidades, se eligió este analizador de sonido portátil, dado que se ha desarrollado específicamente para la medición del ruido en el trabajo, ruido ambiental y de máquinas, y cumple con todas las normas nacionales e internacionales, el cual se muestra en la figura 3.6.



Figura 3.6. Sonómetro 2250
Fuente: Manual de usuario

3.4. Mediciones

Una vez que se cuenta con los días y horas asignados a cada punto de medición, y que ya contamos con todo el equipo previamente seleccionado y configurado en base a nuestras necesidades y con un calendario de mediciones, en la cual se indican las fechas, horarios y puntos a medir durante la primer quincena, véase la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Medición de la primera Quincena

Días/Horas	Miércoles 2	Viernes 4	Domingo 6	Lunes 7	Martes 8	Jueves 10	Viernes 11	Domingo 13	Lunes 14
07h00 a 09h29			7	12	16	11	9		
09h30 a 11h59			18	5	18	17	7		
12h00 a 14h29			3	2	12	1	4		
14h30 a 16h59	14		11	1		14	1		
17h00 a 18h59	6	2						1	11
19h00 a 21h59	12	14						8	5
22h00 a 00h29	19	2						15	10

Fuente: Elaboración propia

Cabe recalcar que esta fueron las mediciones que yo realice, más sin embargo miembros del equipo realizaron otras mediciones durante la misma quince pero en otro horario.

En un principio se habían programado mediciones en el horario nocturno que abarca de las 22h00 a 06h59, sin embargo las mediciones programadas en horarios entre las 12h30 y las 7h00 no se pudieron realizar debido a que se considera necesario contar con protección por parte de la guardia municipal, pero las actividades de dicha entidad gubernamental no les permitió estar de manera continua y permanente durante las mediciones, por lo tanto tuvimos que abarcar solamente los puntos y horarios matutinos, vespertinos y del horario nocturno solamente se ha considerado el primer horario, que va de las 22h00 a las 12h00.

Durante las mediciones era importante seguir una serie de pasos cuando ya se estaba en el punto de medición que a continuación se enlistaran.

1. Configurar el sonómetro para que mida con los siguientes parámetros: filtro de ponderación A, rango de medición de 60-120 dB, se elige el nivel continuo equivalente y/o el espectro de frecuencia.
2. Se calibra el sonómetro con el calibrador acústico para que de una salida de 94 dB a una frecuencia de salida de 1000 Hz, anotar dichos valores.
3. Se ajusta el sonómetro a un trípode a una altura mínima de 1.45 m.
4. El micrófono del sonómetro se orienta a donde se identifique el mayor nivel de presión sonora, en caso de que haya viento en el lugar de la medición se procede a colocar una pantalla protectora
5. Se medirá durante una hora donde se realizara un registro cada sesenta segundos.
6. Se iniciara la medición con la cámara al mismo tiempo que se inicie la medición, y se apuntara en la misma dirección a donde se apuntó el micrófono.
7. Al término de la medición se hará uso nuevamente del calibrador acústico, se debe de anotar esta última calibración y en dado caso que a diferencia de las dos calibraciones sea mayor a 1dB se tendrá que re-hacer esta medición.
8. Se descargan los datos registrados a la estación de trabajo.

Durante las mediciones se utilizaron formatos como el que se presenta en la figura 3.7 para comprobar todo estos pasos antes mencionados y para anotar alguna observación en caso de que ocurriera algo diferente o un error durante las mediciones.

A cada lugar al que se llegaba lo primero que se tenía que hacer era ubicar el punto de medición y asegurarse de que no hubiera ningún obstáculo que sesgara nuestras mediciones. Después de haber hecho estas tareas procedíamos a instalar y preparar el equipo para las mediciones siguiendo los

pasos antes mencionados, un ejemplo de cómo quedaba el equipo se puede ver en la figura 3.8.

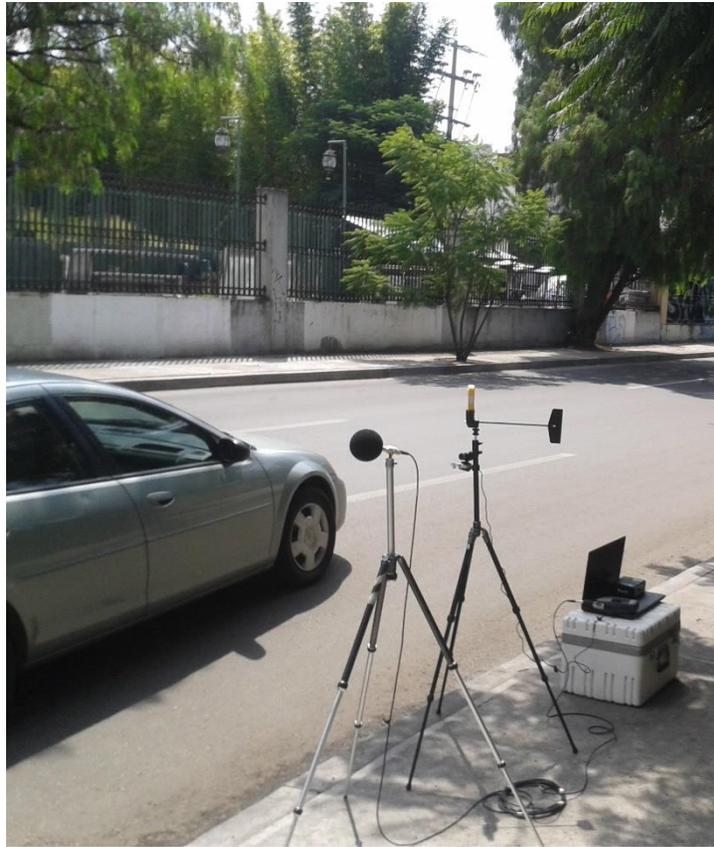


Figura 3.8. Equipo instalado en el punto de medición
Fuente: Elaboración propia

Cuando se obtuvieron 155 mediciones se pidió a un estadístico del CENAM que nos apoyara y nos dijera si con los datos obtenidos hasta ahora era suficiente o tendríamos que seguir midiendo, dado que es mucha la información que entrega el analizador de sonido portátil 2250, comenzamos a resumir la información y a ordenaron las mediciones por punto, y se identificaron por colores con respecto a su horario y al día de medición en el que se realizaron, también se sacó la desviación estándar por punto de medición y un promedio de las desviaciones estándar en cada medición para solo quedarnos con la información más representativa que se obtuvo durante las mediciones, así como se muestra en la figura 3.9, esto permite un mejor manejo de la información y facilita la manipulación de datos, haciendo el

análisis más sencillo; para ver las recomendaciones del estadístico véase el anexo C

Project Name	Punto	Start Time		ElapsedTime	LAFteq	LAFmax	LZFmax	LAFmin	LZFmin	LZpeak	LAEq	LZeq	StdDev
Med011	1	03/09/2015 12:01	jueves, 3 de septiembre de 2015	01:00:00	66.57	80.41	96.49	49.45	66.62	102.32	61.58	77.65	4.45
Med016	1	04/09/2015 15:14	viernes, 4 de septiembre de 2015	01:00:00	68.37	88.81	102.14	52.36	67.74	110.99	63.13	79.27	3.94
Med030	1	06/09/2015 17:01	domingo, 6 de septiembre de 2015	01:00:00	69.94	88.54	102.13	54.41	70.04	110.32	64.68	82.22	3.5
Med036	1	07/09/2015 15:25	lunes, 7 de septiembre de 2015	01:00:00	64.46	79.49	93.65	49.73	67.16	102.44	60.09	76.82	3.33
Med049	1	10/09/2015 12:53	jueves, 10 de septiembre de 2015	01:00:00	63.45	80.24	94.57	47.95	64.49	105.23	58.8	75.14	3.78
Med054	1	11/09/2015 14:43	viernes, 11 de septiembre de 2015	01:00:00	68.62	85.31	101.01	50.93	67.3	108.07	63.43	80.61	4.4
Med059	1	13/09/2015 17:00	domingo, 13 de septiembre de 2015	01:00:00	72.41	95.81	103.2	54.84	71.11	114.49	65.8	82.27	3.23
Med081	1	21/09/2015 15:55	lunes, 21 de septiembre de 2015	01:00:00	66.35	85.42	98.04	49.86	66.78	108.12	62.03	78.58	3.85
Med104	1	01/10/2015 07:36	jueves, 1 de octubre de 2015	01:00:00	68.68	89.77	99.96	55.65	69.4	107.73	64.34	78.34	2.79
Med118	1	03/10/2015 19:38	sábado, 3 de octubre de 2015	01:00:00	70.37	89.84	98.82	56.78	73.57	110.97	65.5	82.15	2.59
Med145	1	12/10/2015 15:04	lunes, 12 de octubre de 2015	01:00:00	65.03	83.19	93.96	50.08	66.9	104.54	59.83	76.46	3.72
											2.38155984	3.598182	

Figura 3.9. Datos depurados y ordenados por punto

Fuente: Elaboración propia

En base a las recomendaciones dadas por el estadístico y por nuestras consideraciones se creó la tabla 3.3 con la que se hará el nuevo calendario para las mediciones de la quincena, esto con el fin de completar la información que tenemos para tener mejores resultados y no hacer tantas mediciones como se tenían contempladas al principio.

Tabla 3.3 Puntos de las últimas mediciones

Punto	Agregar	M	T	N
2	3	1	1	1
3	4	2	1	1
4	4	2	1	1
5	5	3	1	1
7	1	0	1	0
8	2	1	0	1
9	3	3	0	0
10	3	1	1	1
13	3	3	0	0
17	2	0	1	1
19	2	1	1	0
20	4	3	0	1
Total	36	20	8	8

Fuente: Elaboración propia

Después de haber acomodado cada medición por punto y de haber sacado un promedio de los niveles equivalente y las desviaciones estándar, pasamos a acomodar los datos por zonas como se muestra en la figura 3.10.

Figura 3.10. Datos agrupados por zona
Fuente: Elaboración propia

Lista de chequeo: Mediciones de ruido	
Responsables: _____ y _____	
Punto de medición: _____ Fecha: _____ Hora: _____	
Calibración: _____ Nombre de identificación del archivo de medición: _____	
Sonómetro	
Se colocó trípode a la máxima altura posible.	
Se verificó el nivel de energía (menos del 20% no realizar medición).	
Se calibró el sonómetro.	
Se colocó pantalla de viento.	
Se verificó que la plantilla Mediciones Qro. esté activa en el sonómetro.	
Se agregó nota antes de iniciar la medición de ruido (ejemplo: p16 150617 12hrs 15)	
Se oprimió el botón guardar en sonómetro al término de la medición.	
Se guardó medición con el nombre de identificación (ejemplo Med 001).	
Se descargó archivo de medición a la PC mediante el cable usb.	
Se comprobó que el archivo se haya descargado correctamente a la PC.	
Cámara de grabación	
Verifico que el equipo no entre en estado de suspensión nunca.	
Se conectó la cámara al puerto USB y se abrió software Microsoft LifeCam.	
Se eligió resolución HD en configuración.	
Se inició y se detuvo medición al mismo tiempo que el sonómetro.	
Se hizo clic en la carpeta amarilla en Microsoft LifeCam para cambiar el nombre del archivo de grabación, ejemplo: Med 001.	
Veleta Kestrel	
Se instaló veleta Kestrel.	
Se colocó base junto con veleta en trípode.	
Se niveló.	
Se Colocó el anemómetro Kestrel 4500 en la base con veleta.	
Kestrel 4500	
Se calibró anemómetro.	
Se borró registro antes de iniciar medición.	
Se configuró una tasa de almacenamiento de 1 minuto.	
Se descargaron los datos en la pc con el mismo nombre del archivo del sonómetro.	
Equipo	
2 Trípodes (para sonómetro y para anemómetro kestrel).	
Sonómetro, preamplificador, micrófono y cargador.	
Calibrador acústico.	
Pantalla de viento.	
Cámara de grabación (webcam).	
Anemómetro Kestrel 4500, veleta Kestrel e interfaz Kestrel con cable serial (2 cajas y un estuche).	
Laptop y cargador.	
Voltear a ver lugar donde se midió para comprobar que el equipo no se olvide.	
Comprobar que el equipo anterior se encuentre en el carro.	

Figura 3.7. Formato para mediciones.
Fuente: Elaboración propia

IV. RESULTADOS

En cada una de las mediciones que realizamos el analizador de sonido portátil 2250, nos entregaba datos de la medición realizada en cada uno de los puntos, como se ha mencionado anteriormente, el 2250 nos entrega una amplia gama de mediciones, estos datos se pueden descargar en una computadora y los pueden observar en el programa BZ-5503 Measurement Partner Suite, en este programa podemos ver los datos más representativos gráficamente, como se muestra en la figura 4.1 y 4.2

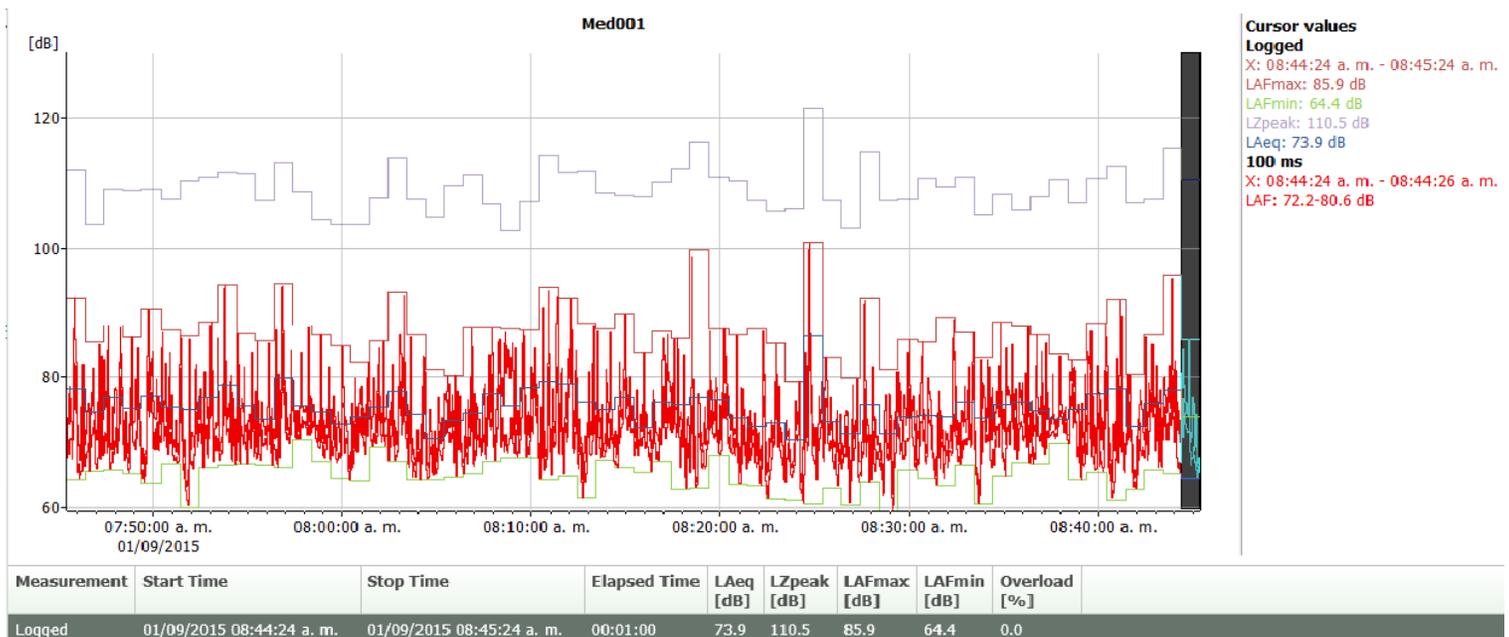


Figura 4.1. Gráfica de los valores en ponderación "A" de la medición
Fuente: Software BZ-5503

En la figura 4.1 se observa que se grafican varios de los datos más importantes según las normas mexicanas, vemos que se mide en ponderación "A" y en respuesta rápida (LAF), con sus valores el máximo (LAFmax) y mínimo (LAFmin), también observamos el nivel equivalente en ponderación "A" (LAeq), este es uno de los más importantes pues este representa el espectro en el que escuchamos las personas por eso es uno de los más representativos de esta figura, por último tenemos al nivel lineal pico (LZpeak), este registra los picos que se presentaron durante las mediciones, estos pueden ser muy peligrosos

puesto que alcanzan los niveles más altos y si una persona es expuesta durante mucho tiempo a estos niveles causaran problemas físicos.

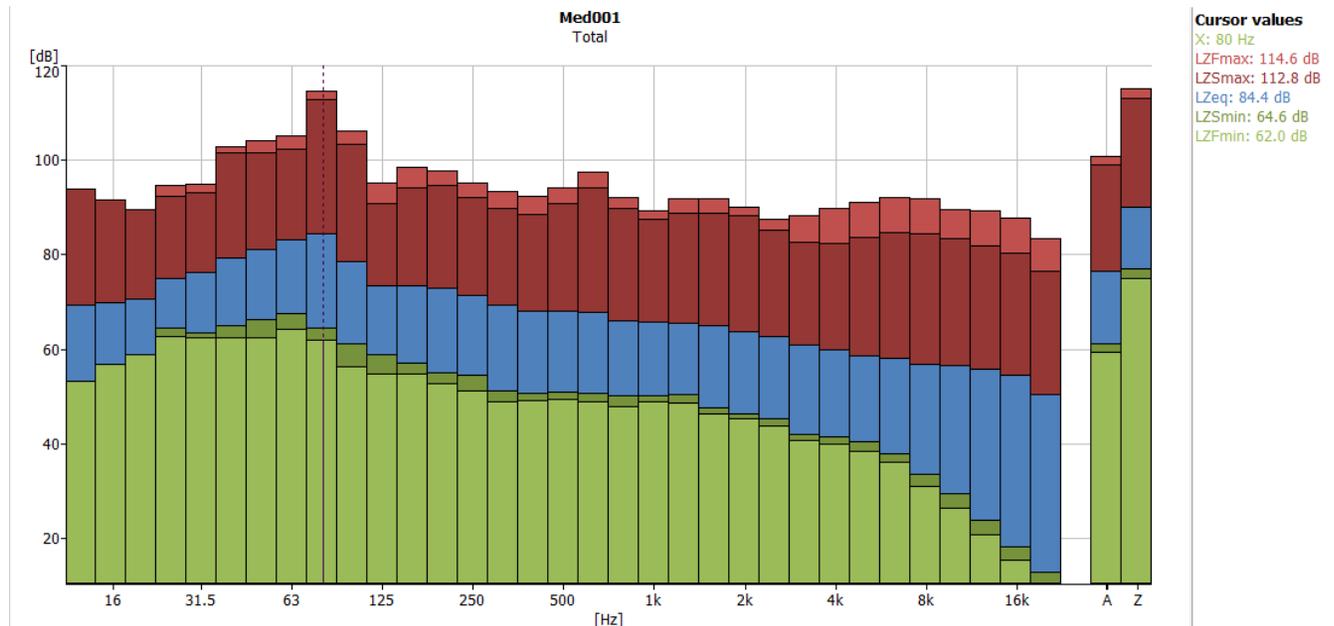


Figura 4.2. Grafica del espectro de frecuencia de la medición
Fuente: Software BZ-5503

En la figura 4.2 podemos observar los niveles de frecuencia que se generaron durante esa medición, el programa BZ-5503 es un software interactivo ya que nos permite ver cuál fue la frecuencia en cualquier minuto de medición, mas sin embargo en este caso solo utilizamos este software para recolectar los datos de las mediciones y comprobar que las mediciones se hicieron de manera correcta y con los parámetros que habíamos establecido, ya que no haremos uso de las gráficas que nos brinda este software.

Tras alcanzar las 155 mediciones analizamos los datos con la ayuda de una estadístico del cenam, (doctor Vicente) para ver si era necesario seguir realizando mediciones en base a lo programado o podíamos reducir el tamaño de mediciones, para esto solo tomamos en cuenta el día y no el horario o punto donde se midió, lo anterior lo comparamos por los grupos que habíamos formados como se muestra a continuación.

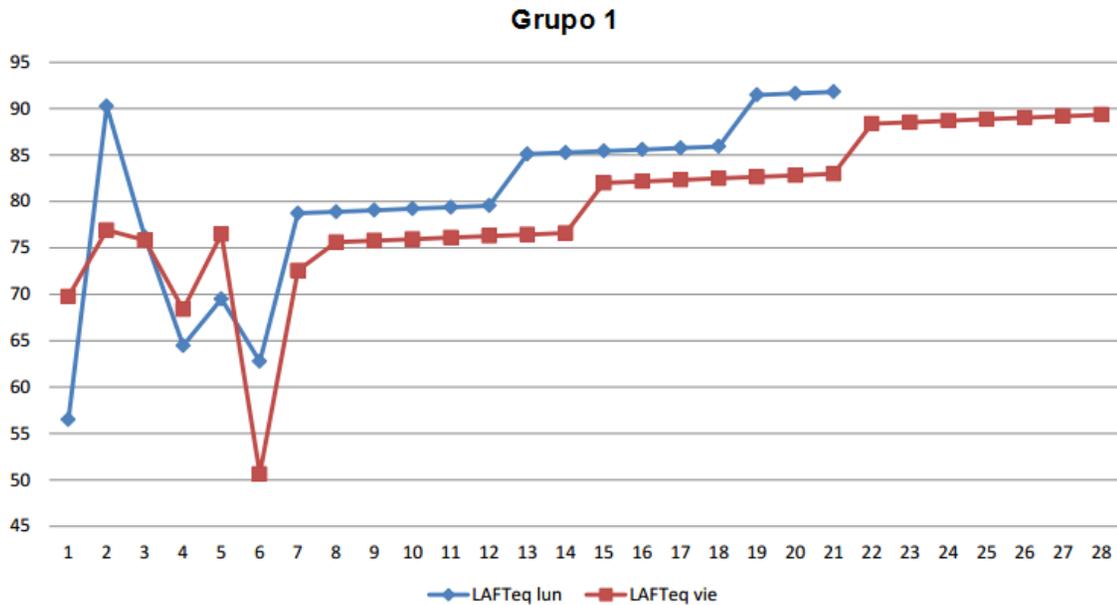


Figura 4.3. Grafica del grupo uno
Fuente: Elaborada por el doctor Vicente

En el grupo 1 podemos ver que los días tienen un comportamiento similar a pesar del desfase que se observa esto puede deberse a los horarios o a los puntos en los que se midieron, también se puede observar que no tienen el mismo número de mediciones, pero esto es por la distribución aleatoria que utilizamos para elegir los puntos, días y horas de medición.

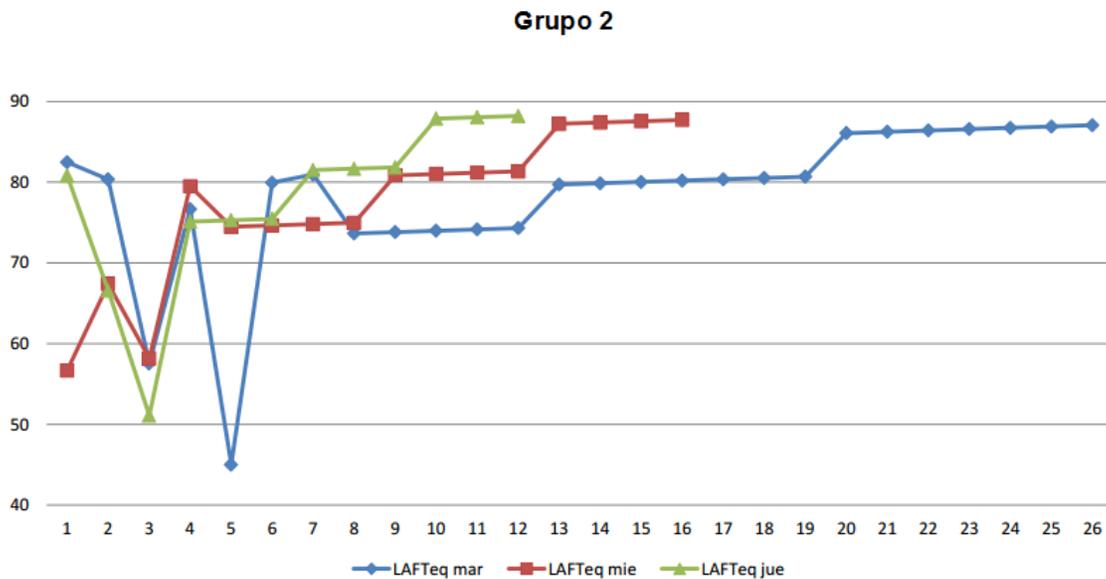


Figura 4.4. Grafica del grupo dos
Fuente: Elaborada por el doctor Vicente

En el grupo 2 se observa que no se tiene un comportamiento tan similar como se pudo haber esperado aunque si se pueden ver similitudes entre los días miércoles y jueves, esa similitud es la que nos permitirá reducir el número de mediciones.

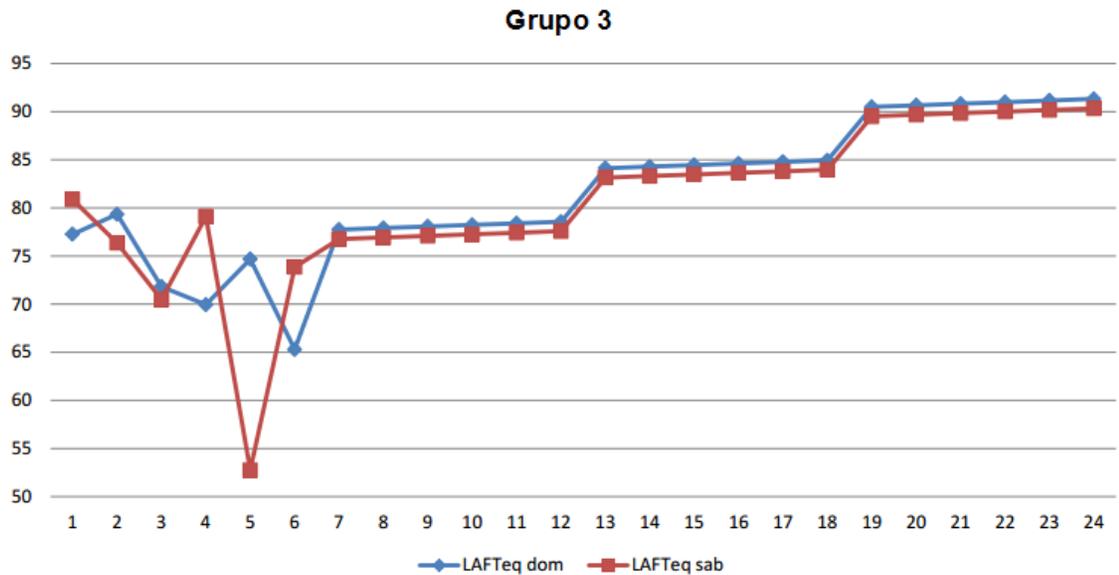


Figura 4.5. Grafica del grupo tres
Fuente: Elaborada por el doctor Vicente

En el grupo 3 se puede observar que los días son casi idénticos lo cual es buena noticia porque indica que no es necesario medir en los dos días, solo sería necesario medir en uno de los dos, puesto que los niveles captados son similares en los dos días.

Gracias a estos resultados pudimos bajar el número de mediciones y de repeticiones. Una vez que terminamos las mediciones procedimos a graficar cada punto para ver como variaban como se muestra a continuación.

Tabla 4.1. Datos del punto uno

Punto	Inicio	Día	LAeq	StdDev
1	15:25	Lunes	60.09	3.33
1	15:55	Lunes	62.03	3.85
1	15:04	Lunes	59.83	3.72
1	12:01	Jueves	61.58	4.45
1	12:53	Jueves	58.8	3.78

1	07:36	Jueves	64.34	2.79
1	15:14	Viernes	63.13	3.94
1	14:43	Viernes	63.43	4.4
1	19:38	Sábado	65.5	2.59
1	17:01	Domingo	64.68	3.5
1	17:00	Domingo	65.8	3.23

Fuente: Elaboración propia

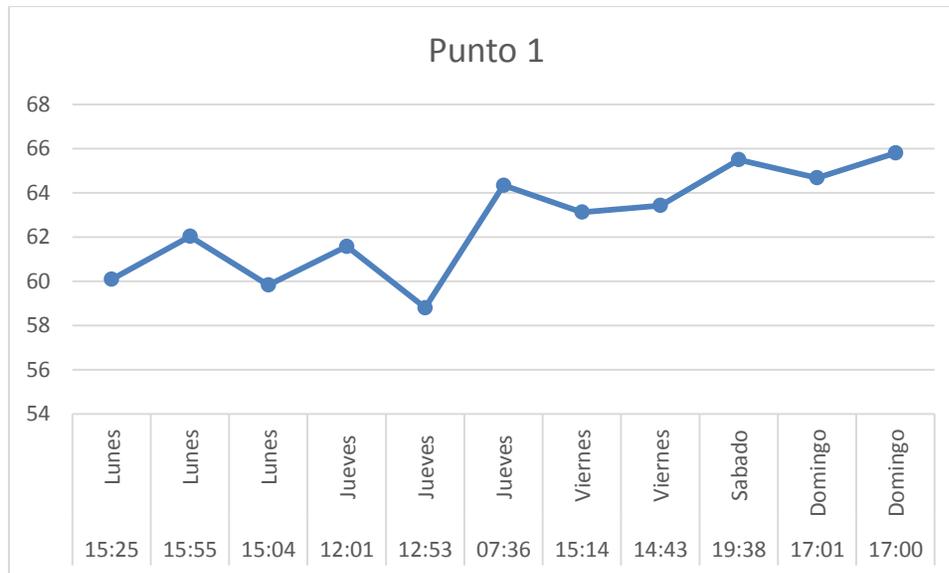


Figura 4.5. Niveles de LAeq en el punto uno

Fuente: Elaboración propia

El punto uno (la plaza galerías en avenida 5 de febrero frente Walmart y Sams) es un punto comercial, y en la gráfica (figura 4.5) podemos ver que las primeras mediciones se ven un nivel aceptable y que no muestra un aumento de tres dB hasta que llegamos al fin de semana, puesto que es un punto comercial el aumento es algo esperado, ya que estos son los días que la gente sale más a estos lugares.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De todo el documento, ésta es la parte más importante. Muchas veces, una persona va a leer de entrada los objetivos y luego saltarse directamente a las conclusiones, y así abarca lo que se quería lograr y lo que se logró. Por esta razón, las conclusiones deben compaginarse con los objetivos, de tal modo que para cada objetivo específico haya al menos una conclusión claramente identificable.

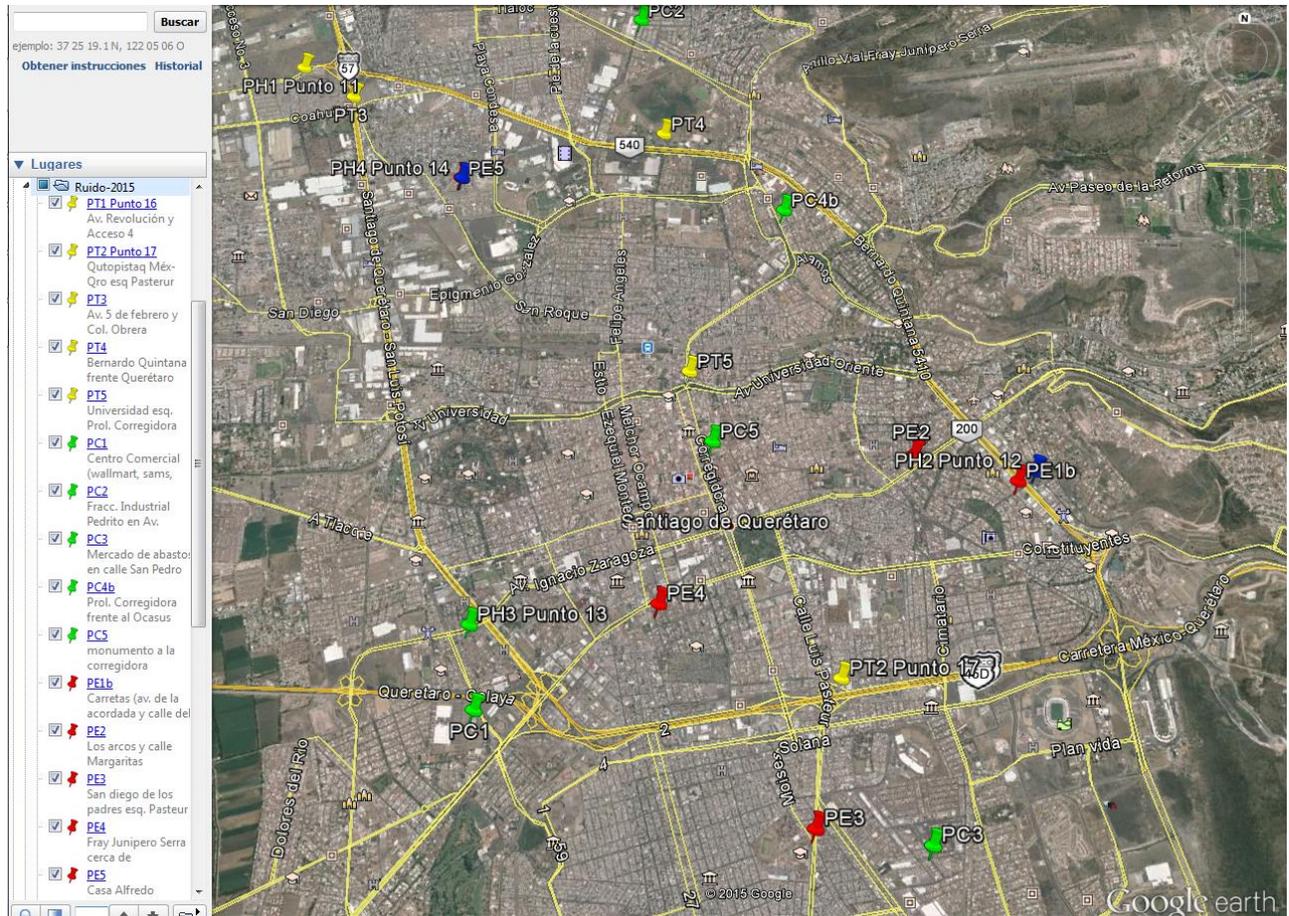
Esta sección, no implica decir de nuevo qué se hizo o si salió bien, aunque sí es conveniente mencionar aquí de nuevo el resultado más importante o significativo, para aumentar el énfasis en el éxito del proyecto.

Hay básicamente dos tipos de recomendaciones. El primer tipo es lo que se obtiene directamente como valor agregado del trabajo de residencia para la organización o departamento donde se llevó a cabo la residencia. El segundo tipo de recomendaciones es el trabajo a futuro, por ejemplo: ¿Qué mejoras se pueden hacer al proyecto realizado? ¿Qué nuevas aplicaciones se puede encontrar a esta idea? La respuesta a estas preguntas pueden representar tu propuesta para que **el trabajo de residencia se convierta en tu proyecto de titulación.**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(Azpiroz, s.f.) (Anonimo, 2015) (Organization, 2011) (Profepa, 1994)
(Anonimo, Conceptos de ruido, s.f.) (trabajo, s.f.) (Distancia, s.f.) (EUROPEA,
2002) (Londoño, 2011) (Fisa) (Wikipedia, 2015) (uhu) (naturales, 2006)
(Márquez, 2015) (SALDAÑA, 2015) (Wikipedia, 2015) (Geografía, 2010)
(Campos, 2014)

ANEXO A. MAPA DE LOS PUNTOS DE MEDICION



4	Septiembre							
Dificultades				MGG	MGG	MGG	MGG	
Disponibles	todos		todos		todos		todos	
Rep.Vacac.	JNRR / R2		JNRR / ROCL		OLL		AED	
Personal en CENAM	AEPM, MGG y OLL		AED, AEPM, MGG		todos		AEPM, MGG, ROCL	
Tiempo	Lunes 21		Martes 22		Miércoles 23		Jueves 24	
Tiempo	Viernes 25		Sábado 26		Domingo 27			
00h30 a 02h29								
02h30 a 04h30								
04h30 a 06h59								
07h00 a 09h29	12	AED	ROCL					
09h30 a 11h59	5	AED	ROCL				16	AED
12h00 a 14h29	2	AED	ROCL			4	OLL	ROCL
14h30 a 16h59	1	AED	ROCL			16	OLL	ROCL
17h00 a 18h59				11	OLL	R2		
19h00 a 21h59						9	AED	R2
22h00 a 00h29				9	OLL	R2	13	OLL
						19	AED	R2

5	Mes de Septiembre				OCTUBRE			
Dificultades	MGG		COMPROBACIONES	MGG	MGG			
Disponibles	todos		todos		todos		todos	
Rep.Vacac.	AED / ROCL		R2		AEPM			
Personal en CENAM	OLL		AED, OLL, MGG		TODOS-AEPM			
Tiempo	Lunes 28		Martes 29		Miércoles 30		Jueves 1	
Tiempo	Viernes 2		Sábado 3		Domingo 4			
00h30 a 02h29								
02h30 a 04h30								
04h30 a 06h59								
07h00 a 09h29								
09h30 a 11h59	7	MGG	AEPM					
12h00 a 14h29								
14h30 a 16h59	16	MGG	AEPM					
17h00 a 18h59	11	JNRR	R2	11	AEPM	ROCL		
19h00 a 21h59	5	JNRR	R2					
22h00 a 00h29	10	JNRR	R2	9	AEPM	ROCL		

5	Mes de Septiembre				OCTUBRE			
Dificultades								
Disponibles								
Rep.Vacac.								
Personal en CENAM								
Tiempo	Lunes 28		Martes 29		Miércoles 30		Jueves 1	
Tiempo	Viernes 2		Sábado 3		Domingo 4			
00h30 a 02h29								
02h30 a 04h30								
04h30 a 06h59								
07h00 a 09h29					1	R2	11	R2
09h30 a 11h59					6	R2	8	R2
12h00 a 14h29					2	R2		
14h30 a 16h59					13	R2	16	ROCL
17h00 a 18h59					10	ROCL	14	ROCL
19h00 a 21h59					20	ROCL	15	ROCL
22h00 a 00h29					15	ROCL	1	ROCL

6	Octubre							
Dificultades	MGG/OLL	MGG / OLL	MGG / OLL	MGG / OLL	MGG / OLL / ROCL			
Disponibles	AED / AEPM / JNRR		AED / AEPM / JNRR		AED / AEPM / JNRR		AED / AEPM / JNRR	
Rep.Vacac.	R2		ROCL		R2		ROCL	
Personal en CENAM			TODOS					
Tiempo	Lunes 5		Martes 6		Miércoles 7		Jueves 8	
Tiempo	Viernes 9		Sábado 10		Domingo 11			
00h30 a 02h29								
02h30 a 04h30								
04h30 a 06h59								
07h00 a 09h29								
09h30 a 11h59		7	R2			16	R2	
12h00 a 14h29		17	R2					
14h30 a 16h59		18	R2					
17h00 a 18h59	3	ROCL				6	R2	
19h00 a 21h59	13	ROCL						
22h00 a 00h29	6	ROCL		13	R2	19	ROCL	

7	Octubre													
Dificultades			MGG											
Disponibles	todos		todos-mgg		todos									
Rep.Vacac.			ROCL		R2									
Personal en CENAM							TODOS							
Tiempo	Lunes 12		Martes 13		Miércoles 14		Jueves 15		Viernes 16		Sábado 17		Domingo 18	
00h30 a 02h29														
02h30 a 04h30														
04h30 a 06h59														
07h00 a 09h29	12	R2			20	ROCL					4	R2		
09h30 a 11h59	5	R2	7	R2	4	ROCL								
12h00 a 14h29	2	R2	17	R2	9	ROCL								
14h30 a 16h59	1	R2	18	R2	6	ROCL					20	ROCL		
17h00 a 18h59	3	ROCL												
19h00 a 21h59	13	ROCL									4	ROCL		
22h00 a 00h29	6	ROCL												

	Diciembre															
Dificultades	AEPM		AEPM		AEPM		AEPM		AEPM							
Tiempo	Lunes 30		Martes 1		Miércoles 2		Jueves 3		Viernes 4		Sábado 5		Domingo 6			
00h30 a 02h29																
02h30 a 04h30																
04h30 a 06h59																
07h00 a 09h29							13	MGG	IAH	5	MGG	IAH				
09h30 a 11h59							3	MGG	IAH	2	MGG	IAH		9	AEPM	IAH
12h00 a 14h29							5	MGG	IAH	13	MGG	IAH		15	AEPM	IAH
14h30 a 16h59													20	AEPM	ROCL	
17h00 a 18h59	19	MGG	IAH	9	OLL	ROCL	15	OLL	ROCL				9	AEPM	ROCL	
19h00 a 21h59	17	MGG	IAH	10	OLL	ROCL	4	OLL	ROCL							
22h00 a 00h29	3	MGG	IAH	2	OLL	ROCL	8	OLL	ROCL							

ANEXO C. RECOMENDACIONES DEL ESTADISTICO

La primera sugerencia fue tomar en comparar la desviación estándar por punto con la desviación estándar promedio, de la siguiente manera:

$$\text{STD prom} < \text{STD por punto}$$

Esta comparación nos mostró cuales puntos son los que tenemos que aumentar el número de mediciones.

Punto	No. Obs.	STD por Punto	CV	STD prom
1	11	2.382	0.038	3.60
2	10	1.354	0.019	6.82
3	7	3.352	0.050	5.26
4	7	1.662	0.022	5.68
5	7	5.816	0.087	3.37
6	11	2.507	0.041	4.56
7	12	1.445	0.020	6.46
8	3	1.009	0.014	4.55
9	7	4.621	0.079	4.32
10	4	3.197	0.061	2.93
11	8	1.716	0.023	4.42
12	11	2.219	0.041	2.59
13	6	6.377	0.109	2.91
14	10	2.900	0.065	2.45
15	3	3.764	0.066	5.40
16	14	1.129	0.015	4.95
17	6	0.932	0.012	3.68
18	8	0.757	0.010	2.74
19	6	1.459	0.019	3.95
20	3	1.022	0.015	3.70

Otro criterio sugerido por el Dr. Vicente es en base al coeficiente de variación el cual se obtiene de la siguiente manera:

$$C_V = \frac{\sigma}{|\bar{x}|}$$

Se observan puntos en los cuales se observa una desviación estándar por punto alta y un coeficiente de variación cercano o superior a 0.1. En estos casos el Dr. Vicente recomendó medir más en esos puntos para poder reducir la desviación estándar.

En rojo vemos los puntos con desviación estándar muy alta y los que están en amarillo son puntos en los que se encuentran muy cerca del límite y se sugiere aumentar las mediciones pero en menor medida que la de los rojos puesto que está dentro de los límites aun.

Punto	No. Obs.	STD por Punto	CV	STD prom
1	11	2.382	0.038	3.60
2	10	1.354	0.019	6.82
3	7	3.352	0.050	5.26
4	7	1.662	0.022	5.68
5	7	5.816	0.087	3.37
6	11	2.507	0.041	4.56
7	12	1.445	0.020	6.46
8	3	1.009	0.014	4.55
9	7	4.621	0.079	4.32
10	4	3.197	0.061	2.93
11	8	1.716	0.023	4.42
12	11	2.219	0.041	2.59
13	6	6.377	0.109	2.91
14	10	2.900	0.065	2.45
15	3	3.764	0.066	5.40
16	14	1.129	0.015	4.95
17	6	0.932	0.012	3.68
18	8	0.757	0.010	2.74
19	6	1.459	0.019	3.95
20	3	1.022	0.015	3.70