

DISEÑO DEL PLAN DE VIGILANCIA ACÚSTICO PARA RENAULT SOFASA

ELIANA DÍAZ CADAVID

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEDELLÍN

2011

DISEÑO DEL PLAN DE VIGILANCIA ACÚSTICO PARA RENAULT SOFASA

ELIANA DÍAZ CADAVID

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Mecánica

Asesor

GERMAN RENÉ BETANCUR GIRALDO

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEDELLÍN

2011

CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 GENERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 CONCEPTOS GENERALES SOBRE SONIDO.....	12
3.1 MEDICIONES ACÚSTICAS	12
3.2 RESPUESTA TEMPORAL.....	13
3.3 MICRÓFONOS.....	14
3.3.1 Sensibilidad.....	15
3.3.2 Respuesta en frecuencia.....	15
3.3.3 Direccionalidad.....	15
3.4 MEDIDOR DE NIVEL SONORO	16
3.5 ANALIZADORES DE ESPECTRO.....	16
3.6 CALIBRADORES	17
4 RUIDO EN AUTOMÓVILES.....	19
4.1 TIPOS DE RUIDO	19
4.2 FAMILIAS DE RUIDO	20
5 CONTROL DEL RUIDO	23
5.1 PAUTAS A SEGUIR PARA EL CONTROL DE RUIDO	23
5.1.1 Identificación de las fuentes de ruido.....	23
5.1.2 Aporte relativo de los campos directo y reverberante.....	25
5.1.3 Ruido transmitido por la estructura.	26
5.1.4 Transmisión por los flancos.....	26
5.1.5 Nivel de reducción requerido y prioridades.....	26

5.1.6	Propuesta de medidas de control.....	26
5.2	ALGUNAS TÉCNICAS DE CONTROL DE RUIDO	26
5.2.1	Técnicas de control en la fuente.....	27
5.2.2	Técnicas de control en la vía de transmisión.	29
5.2.3	Técnicas de control en el receptor.....	30
5.3	NORMAS PARA EL CONTROL Y LA EVALUACIÓN DEL RUIDO	30
5.3.1	Norma ISO 5130:1982. Acústica - medición del ruido emitido por vehículos detenidos - método de inspección.....	30
5.3.2	Norma ISO 362:1998. Acústica - medición del ruido emitido por vehículos en aceleración - método de ingeniería.....	31
5.3.3	Norma ISO 10844:1994. Acústica – especificaciones de la pista de pruebas para medir el ruido emitido por vehículos en aceleración.	32
5.3.4	Norma ISO 5128:1980. Medida del ruido dentro de vehículos de motor.	32
6	CONFORT ACÚSTICO EN EL AUTOMÓVIL.....	33
6.1	CONTROL Y LA EVALUACIÓN DEL RUIDO	33
6.2	FUENTES DE RUIDO.....	34
6.2.1	Ruidos de funcionamiento.	34
6.2.2	Ruidos parásitos.	34
6.2.3	Ruido exterior.....	36
6.3	RECONSTRUCCIÓN DE FUENTES ACÚSTICAS.....	36
6.3.1	Transmisión de ruido.	36
6.3.2	Vías de propagación alternativas.	37
6.3.3	Reconstrucción de fuentes acústicas.	38
6.4	TÉCNICAS DE INSONORIZACIÓN	42
6.4.1	Vía sólida.	42
6.4.2	Vía aérea.	43
7	CONCEPTOS GENERALES DE ULTRASONIDO	45
7.1	GENERALIDADES	45
7.2	APLICACIONES DE ULTRASONIDO	46
7.3	MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE ULTRASONIDOS.....	48

7.4	NORMA DE ULTRASONIDO	52
8	GRUPO DE RUIDOS DE RENAULT SOFASA.....	53
8.1	GENERALIDADES DE RENAULT SOFASA	53
8.2	GENERALIDADES DEL RUIDO EN RENAULT SOFASA	55
8.2.1	Perímetros de un vehículo.	55
8.2.2	Penalidad de los defectos.	56
8.3	GRUPO DE RUIDOS	58
9	PLAN DE VIGILANCIA ACÚSTICO	62
9.1	PLANES DE VIGILANCIA EN RENAULT SOFASA	62
9.1.1	Fichas FOP y FOS de un proceso de Renault Sofasa.	62
9.1.2	Aplicación SIMAP.....	62
9.2	PLANES DE VIGILANCIA ACÚSTICOS.....	64
10	EQUIPOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE VIGILANCIA ACÚSTICO.....	65
11	PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN PLAN DE VIGILANCIA ACÚSTICO EN RENAULT SOFASA.....	70
11.1	DEFINICIONES.....	70
11.2	PLAN DE VIGILANCIA ACÚSTICO EN RENAULT SOFASA	71
11.3	Resumen acciones realizadas en el diseño del plan de vigilancia acustico para Renault Sofasa	81
11.4	Dificultades encontradas en la realizacion del diseño del plan de vigilancia acustico para Renault Sofasa.....	84
12	CONCLUSIONES.....	85
13	BIBLIOGRAFÍA	88

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pulso de 0,1 s de duración y su valor eficaz en función del tiempo de integración.	13
Figura 2. Micrófono de condensador.	14
Figura 3. Diagrama de bloques de un medidor de nivel sonoro (también denominado sonómetro, o decibelímetro).	16
Figura 4. Esquema simplificado de un pistófono.	18
Figura 5. Familias de ruido.....	21
Figura 6. Familias de ruido representadas por medio de bloques.....	21
Figura 7. Principales fuentes de ruido.	35
Figura 8. Módulo de la función de transferencia acústica de un vehículo en fase de desarrollo.	40
Figura 9. Interancia (modulo) de un vehículo en fase de desarrollo.	41
Figura 10. Organigrama Dirección de Calidad Renault Soasa.....	54
Figura 11. Organigrama Departamento de Calidad Cliente Renault Soasa.....	54
Figura 12. Perímetros de un vehículo.....	56
Figura 13. Pista de ensayos dinámicos.	59
Figura 14. Proceso del plan de vigilancia y la contribución de SIMAP.....	63
Figura 15. Equipo de Ultrasonido SDT 150.	65
Figura 16. Equipo de Ultrasonido SDT 170+.	68
Figura 17. Esquema Plan de vigilancia acústico.	72
Figura 18. Formato registro de datos en las fichas de transparencia acústica.	75
Figura 19. Ejemplo Ingreso de datos en SIMAP.....	76
Figura 20. Ejemplo carta de control en SIMAP.....	77
Figura 21. Ejemplo carta de control.	78
Figura 22. Esquema proceso de reactividad.	79
Figura 23. Propuesta sala acústica plan de vigilancia.....	81

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Familias de ruido y ubicación en el vehículo.	22
Tabla 2. Penalidad de los defectos según estándar AVES.	57
Tabla 3. Información adicional estándar AVES, desde el enfoque cliente.	57
Tabla 4. Criterios de penalización de los ruidos en la pista dinámica.	60
Tabla 5. Cuadro comparativo posibles equipos a utilizar para el plan de vigilancia acústico en Renault Sofasa.	66
Tabla 6. Características técnicas SDT 170.	68
Tabla 7. Tabla resumen acciones realizadas en el plan de vigilancia acústico para Renault Sofasa.	82

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Normas relacionadas con pruebas del sonido en vehículos.....	89
Anexo B. Norma para realización de pruebas de ultrasonido.	89
Anexo C. Ejemplo de una FOP y una FOS de un procedimiento de Renault Sofasa.....	90
Anexo D. Presentación SIMAP.	95
Anexo E. Características funcionales de los equipos SDT.....	95
Anexo F. Manual técnico del equipo SDT 170.	95
Anexo G. FOP's del plan de vigilancia acústico en otras ensambladoras Renault.....	95
Anexo H. FOP's del plan de vigilancia acústico a utilizar en Renault Sofasa.....	95
Anexo I. FOP's A del plan de vigilancia acústico puntos de medición.	95
Anexo J. FOP's A del plan de vigilancia acústico ubicación del SDT en el vehículo.	95
Anexo K. Formato para registrar las mediciones en Renault Sofasa.....	96
Anexo L. Charla de ultrasonido.....	100

1 INTRODUCCIÓN

La calidad del producto final en cualquier empresa, es un tema fundamental para ser competitivos en el medio, para lograr tal fin es necesario tener sistemas que garanticen el control de los incidentes en caso tal de presentarse, y de igual modo por medio de análisis buscar la mejora de la calidad del producto.

La calidad de los vehículos automotores, dan el prestigio a una marca, y por ende la eficacia y éxito de una compañía del sector. La implementación de nuevas tecnologías va de la mano con la evolución de una empresa, ya que por medio de estas es posible crear sistemas y estrategias que optimicen los procesos productivos, de igual modo la necesidad de un sistema por medio del cual se pueda tener control y vigilancia de las desviaciones en los estándares de calidad de un producto, lleva a la implementación de planes de vigilancia que permiten llevar un seguimiento de la calidad del producto final.

La no transparencia acústica al interior de los vehículos es un requisito fundamental de la calidad para todas las empresas automotoras, por lo cual es necesaria la implementación de sistemas que garanticen y controlen dicho elemento.

El plan de vigilancia acústico es un sistema que requiere de herramientas de alta tecnología para garantizar cabinas insonorizadas, es de gran importancia para la industria automotriz, ya que los ruidos generados al interior de los vehículos, es uno de los principales motivos de inconformidad en el cliente final.

En el año 2009 Renault exigió a sus ensambladoras la implementación del plan de vigilancia acústico, con el fin de estandarizar los procesos y de crear una herramienta que vigile el ruido escuchado al interior de las cabinas; con la creación de este plan de vigilancia es posible tratar incidentes comunes entre las diferentes ensambladoras y de este modo agilizar, facilitar y mejorar los análisis.

Algunas ensambladoras de la alianza Renault, como Francia y Brasil, ya tienen implementado el plan de vigilancia acústico; Argentina lo ha implementado parcialmente y las demás ensambladoras están en proceso de implementación.

Renault Sofasa creó el grupo de ruidos en el 2008 con el fin de tratar los incidentes de ruidos presentados en los vehículos, conformado por tres personas encargadas de detectar los ruidos y posteriormente de analizarlos para tomar acciones que garanticen eliminar el incidente; con la implementación del plan de vigilancia acústico se podrán prever los incidentes y determinar el nivel de insonorización de las cabinas fabricadas en la planta.

El proyecto surge debido a la necesidad de cumplir con la exigencia establecida por Renault para todas sus ensambladoras en el mundo, de crear el plan de vigilancia acústico, con el fin de estandarizar los procesos acústicos involucrados con los vehículos. Aunque Renault Sofasa, cuenta con el grupo de ruidos es necesaria también la implementación del plan de vigilancia acústico, por lo cual es necesario comenzar con el desarrollo del proyecto para cumplir con los requerimientos de Renault.

El plan de vigilancia acústico se origina con el fin de tener un sistema robusto que cuente con herramientas especializadas y confiables que permitan analizar los ruidos escuchados al interior de los vehículos y se garantice la no transparencia acústica al interior de las cabinas, además para tener un control, que permitan planear o prever y no corregir.

Este plan de vigilancia debe garantizar que el ruido generado al interior de la cabina de cada vehículo, este dentro de las especificaciones Renault, por medio de gamas de medición realizadas con base a fichas de operación proceso y fichas de operación estándar.

El plan de vigilancia acústico para Renault Sofasa incluye tres etapas: Estudio y análisis planes de vigilancia ya implementados; diseño del plan de vigilancia acústico en Renault Sofasa e implementación; las dos primeras serán las que se desarrollaran en este proyecto debido a la limitación que se tiene en el tiempo.

El proyecto será basado en el plan de vigilancia acústico de la planta de Renault Brasil, ya que los procedimientos en ambas ensambladoras son muy similares, por lo tanto algunos procedimientos que ya están implementados en Brasil, en Renault Sofasa se pueden tomar como base y ser adaptados dependiendo de las variaciones que se presenten.

2 OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Diseñar el plan de vigilancia acústico para Renault Sofasa.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los conceptos teóricos necesarios para desarrollar el plan de vigilancia acústico.
- Analizar los planes de vigilancia acústicos.
- Seleccionar el equipo a utilizar en el plan de vigilancia acústico.
- Realizar la propuesta de implementación del plan de vigilancia acústico para Renault Sofasa.

3 CONCEPTOS GENERALES SOBRE SONIDO

El sonido abarca gran número de definiciones que deben ser conocidas con el fin de tener claridad en las diferentes herramientas y métodos que existen para realizar mediciones acústicas, y obtener por medio de estos resultados adecuados que permitan analizar incidentes en diferentes campos de aplicación.

3.1 MEDICIONES ACÚSTICAS

El sonido puede ser descrito por medio de la presión sonora $P(t)$, es decir, la presión incremental. Esta es una función del tiempo y habitualmente interesa su valor eficaz (P_{ef}), definido como:

$$P_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P^2(t) dt}$$

P_{ef} está relacionado con la energía de la onda sonora a través de la ecuación de la intensidad media:

$$I = \frac{P_{ef}^2}{\rho c}$$

El valor eficaz P_{ef} es, entonces, un valor constante que produce durante el tiempo T la misma energía por unidad de superficie que la onda sonora real que varía en el tiempo.

La presión eficaz no proporciona demasiada información sobre el fenómeno sonoro que se desea evaluar, ya que no tiene en cuenta dos aspectos fundamentales: el espectro de frecuencias y el tiempo. Así, dos tonos puros de 200 Hz y 2000 Hz y valor eficaz de 1 Pa, tienen efectos muy diferentes sobre el oído humano; El de 200 Hz, aunque tal vez algo molesto, resulta inofensivo, y en cambio el de 2000 Hz es sumamente perjudicial.

Para una evaluación más completa de un fenómeno sonoro, es necesario contemplar ambos aspectos: frecuencia y tiempo.

La frecuencia puede ser tomada en cuenta intercalando diversos tipos de filtros entre la señal sonora detectada primariamente por el micrófono y el indicador final del instrumento de medición. Dichos filtros se encierran normalmente en dos grandes clases:

- Filtros de banda (de octava, de tercio de octava, de ancho de banda fijo, etc.).
- Redes de compensación (A, C, etc.).

El tiempo, por su parte, se tiene en cuenta por medio del tipo de respuesta temporal del instrumento:

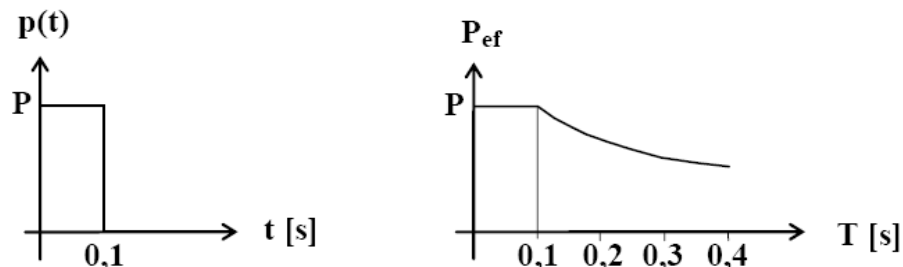
- ▣ Velocidad dinámica de respuesta (lenta, rápida, impulsiva).
- ▣ Función promediadora (valor eficaz, pico, dosis, descriptores estadísticos).

Otra cuestión que en algunos casos es importante es el tipo de incidencia, es decir, la dirección de procedencia del sonido.

3.2 RESPUESTA TEMPORAL

En la definición de valor eficaz, interviene un tiempo de integración T de cuyo valor depende el resultado. En la Figura 1, se muestra el valor eficaz de un pulso de 0,1 s de duración, donde se puede apreciar esta dependencia. Para una onda periódica, al aumentar el tiempo de integración el valor eficaz se aproxima a un valor límite que equivale a integrar durante un periodo. Para el caso más habitual de señales no periódicas, como el ruido, la música o la palabra, se observa en general un fenómeno similar, es decir que a medida que aumenta el tiempo de integración T el valor eficaz va tendiendo a una constante.

Figura 1. Pulso de 0,1 s de duración y su valor eficaz en función del tiempo de integración.



(MIYARA, 1999)

En conclusión, cuanto mayor sea el tiempo de integración, menos sensible es el valor eficaz a las fluctuaciones propias del ruido o sonido, transformándose en un parámetro global más que instantáneo del sonido. Esto lleva a considerar la necesidad de establecer al menos dos tipos de respuesta, en función del tipo de fenómeno que se quiera evidenciar con la medición. Surgen así las denominadas respuesta rápida y respuesta lenta.

- ▣ Respuesta lenta. Se define la respuesta lenta como aquella para la cual ante una excitación en forma de pulso senoidal de 1 kHz y una duración de 0,5 s, la indicación máxima obtenida está 4 dB por debajo de la que se obtendría para una señal senoidal de igual frecuencia y amplitud en régimen permanente.

- Respuesta rápida. La respuesta rápida se define como aquella para la cual ante una excitación en forma de pulso senoidal de 1 kHz y una duración de 0,2 s, la indicación máxima obtenida está 1 dB por debajo de la que se obtendría para una señal senoidal de igual frecuencia y amplitud en régimen permanente.
- Respuesta Impulsiva. La respuesta impulsiva es aquella para la cual la constante de tiempo para señales de valor absoluto creciente en el tiempo es de 35 ms, y en cambio para señales de valor absoluto decreciente es de 1,5 s.

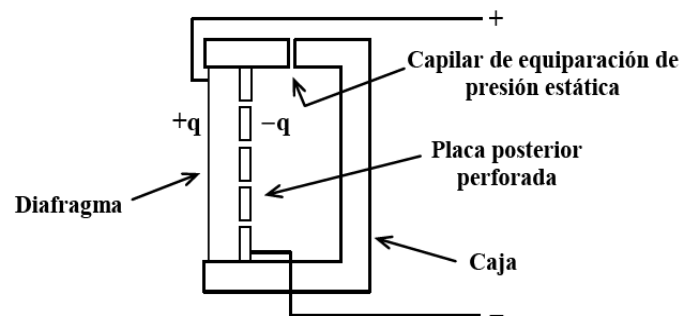
La diferencia se debe a que de esta manera el instrumento es capaz de reaccionar ante pulsos muy rápidos, como ruidos percusivos o de impacto, explosiones, etc., pero luego retiene el valor leído durante un tiempo razonable que permite su lectura por parte del operador.

3.3 MICRÓFONOS

El micrófono es el transductor que transforma la señal acústica (sonido) en señal eléctrica; más precisamente, transforma presión sonora en tensión eléctrica.

Un micrófono capacitivo típico está formado por un diafragma muy delgado (del orden de 5 m de espesor) generalmente bañado en oro, y una placa posterior metálica que normalmente está perforada o ranurada, ambos componentes forman un condensador. Si sobre el diafragma actúa una presión sonora, el diafragma vibrará como consecuencia de la diferencia de presión variable entre el exterior y el interior del micrófono. Por consiguiente variará también la distancia entre el diafragma y la placa posterior, con lo cual la presión sonora (es decir la diferencia de presión) se habrá convertido en una tensión variable proporcionalmente a ella.

Figura 2. Micrófono de condensador.



(MIYARA, 1999)

Las principales características que deben ser tenidas en cuenta a la hora de seleccionar un micrófono son: sensibilidad, respuesta en frecuencia y direccionalidad.

3.3.1 Sensibilidad.

La tensión que entrega un micrófono ante un dado nivel de presión sonora puede obtenerse por medio de la sensibilidad, que se define como el cociente entre el valor eficaz de la tensión producida y el valor eficaz de la presión que le da origen, es decir:

$$S = \frac{V_{ef}}{P_{ef}}$$

La sensibilidad se expresa en volts por pascal (V/Pa), o en milivolts por pascal (mV/Pa).

3.3.2 Respuesta en frecuencia.

Una característica importante de cualquier componente de un sistema que procesa señal, en particular de los micrófonos, es su respuesta en frecuencia. La respuesta en frecuencia, en el caso de un micrófono, se interpreta como la variación de la sensibilidad (en dB) en función de la frecuencia, presentada habitualmente en forma de gráfica.

En baja frecuencia se observa una caída de la respuesta. Esto se debe a que los micrófonos poseen un pequeño orificio o tubo de diámetro muy pequeño (capilar) en algún lugar de la caja, cuya finalidad es producir una equiparación entre las presiones estáticas (de equilibrio) externa e interna. Si dicha equiparación no se hiciera, ante variaciones de la presión atmosférica el diafragma se curvaría hacia adentro o hacia afuera, reduciendo considerablemente la linealidad, eficiencia y sensibilidad del micrófono.

A frecuencias altas, la cavidad opera como si fuera hermética (ya que el aire no puede entrar y salir rápidamente por un tubo tan estrecho), pero a baja frecuencia no lo es, de manera que las ondas de baja frecuencia penetran también por el capilar, tendiendo a reducirse la diferencia entre las presiones a uno y otro lado del diafragma. Al disminuir la diferencia neta de presión sobre el diafragma, éste permanece casi inmóvil.

3.3.3 Direccionalidad.

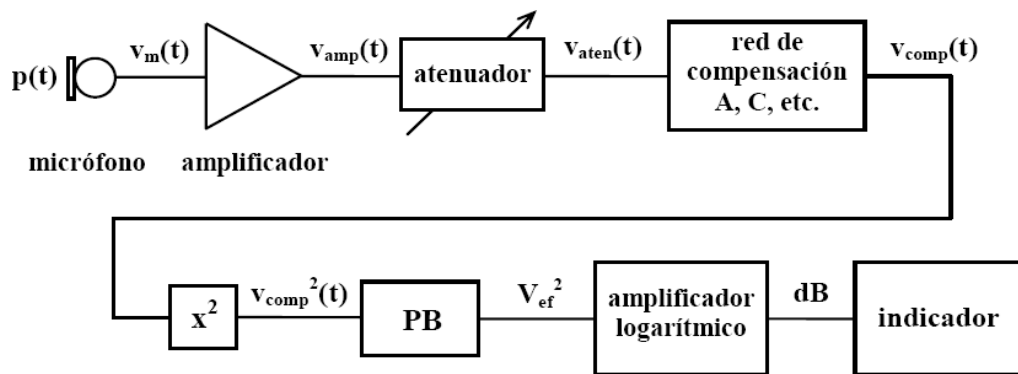
Otra característica importante en los micrófonos es la direccionalidad. Como consecuencia de las particularidades de su diseño, la sensibilidad de un micrófono puede variar con la dirección de procedencia del sonido.

El patrón direccional (forma del diagrama polar) de un micrófono varía con la frecuencia, debido a que para altas frecuencias, la longitud de onda es pequeña, comparable al tamaño del propio micrófono, que proyecta sobre sí mismo "sombras" acústicas dependientes de la orientación y de la longitud de onda (y por lo tanto de la frecuencia). La difracción es otro fenómeno que contribuye a esta variación del patrón polar en alta frecuencia.

3.4 MEDIDOR DE NIVEL SONORO

El medidor de nivel sonoro, también denominado sonómetro o decibelímetro es el instrumento de medición acústica más simple, y por esa razón, el más difundido. Está orientado a determinar el nivel sonoro, es decir el nivel de presión sonora con intercalación de una adecuada red de compensación (o ponderación) de frecuencias. El micrófono toma la presión sonora y la convierte en una tensión, que es amplificada por un amplificador. Luego sigue un atenuador, que permite la selección de escala; posteriormente, se tiene un filtro cuya finalidad es realizar la ponderación seleccionada, cuya salida es tratada por el cuadrador; luego aparece el filtro pasa bajos (PB) cuya constante de tiempo, en general seleccionable, permite distintas respuestas temporales del instrumento. A la salida de este filtro se tiene el valor eficaz al cuadrado.

Figura 3. Diagrama de bloques de un medidor de nivel sonoro (también denominado sonómetro, o decibelímetro).



(MIYARA, 1999)

El amplificador logarítmico se encarga de transformar el valor eficaz en dBA, y el indicador presenta el valor medido. En general el indicador es digital, y tiene intercalado un conversor analógico digital.

3.5 ANALIZADORES DE ESPECTRO

El valor eficaz de una señal sonora (el cual se relaciona con su potencia o energía) no siempre es suficiente para describir adecuadamente un ruido con miras a analizar sus causas o sus efectos. Las redes de ponderación constituyen un primer intento para subsanar en forma económica esta falencia, y de hecho permiten obtener resultados útiles y significativos para resolver muchos casos. Existen, no obstante, diversas situaciones en las cuales es necesario disponer de un análisis más detallado de una señal acústica que la que brinda el medidor de nivel sonoro. A continuación se detallan algunas de ellas:

- Cuando se desea identificar fuentes de ruido. Muchas fuentes de ruido generan, por su misma naturaleza, tonos de frecuencias definidas. Por ejemplo, los motores, ventiladores, turbinas, cajas de engranajes, etc. producen frecuencias relacionadas con la velocidad de rotación de sus diferentes partes.
- Cuando se desea evaluar el resultado esperable al aplicar determinado tratamiento acústico. Los materiales acústicos, tales como paneles absorbentes, aislantes o difusores responden en forma diferente a las diversas frecuencias, por lo cual es necesario conocer la composición espectral del ruido.
- Cuando se desea evaluar el efecto de determinados tipos de ruido. Se debe saber, que a igual energía, los tonos puros son más perjudiciales para el oído que los ruidos de banda más o menos amplia, debido a que la misma energía se encuentra concentrada en una pequeña porción del oído interno.
- Cuando se quiere determinar en qué grado se transmite un sonido a través de una estructura. Las estructuras mecánicas o edilicias proporcionan un medio para la propagación por vía sólida del sonido, pero la efectividad de la transmisión varía con la frecuencia.
- Cuando se desea seleccionar métodos, materiales y estructuras para resolver determinado problema de ruido, el tipo de material que mejor se adapta para una dada situación depende de dónde se concentra la mayor cantidad de energía sonora, y de cuánto se desea reducir en cada banda.
- Cuando se desea aplicar determinados criterios sobre aceptabilidad cualitativa y cuantitativa de un determinado ruido. Hay varios criterios psicoacústicos que requieren un conocimiento más o menos detallado de la distribución espectral del ruido.
- Cuando se intenta evaluar la sonoridad evocada por un sonido complejo.
- Cuando se requiere ecualizar un sistema de audio para compensar las irregularidades acústicas de la sala y los parlantes o cajas acústicas. Por ejemplo, si existen frecuencias de resonancia o por el contrario frecuencias en las que la absorción es excesiva, se ajustarán las bandas correspondientes de manera de atenuar o resaltar la frecuencia en la cual se produce el defecto, y para ello es necesario conocer la respuesta del sistema electroacústico ante una señal estándar con igual valor eficaz en cada banda de octava.

3.6 CALIBRADORES

Los instrumentos de medición acústica requieren ser calibrados periódicamente debido a que la sensibilidad de los micrófonos va variando a lo largo del tiempo. El proceso de calibración de un

instrumento cualquiera consiste en ajustar ligeramente la ganancia de su amplificador de entrada de modo de compensar las variaciones de sensibilidad mencionadas.

El pistófono está formado por un receptáculo cilíndrico cerrado en un extremo por el micrófono a calibrar, y en el otro por un pistón que oscila senoidalmente comprimiendo y descomprimiendo el aire encerrado en el cilindro. El pistón es arrastrado por una leva excéntrica que rota por medio de un pequeño motor eléctrico.

Figura 4. Esquema simplificado de un pistófono.



(MIYARA, 1999)

El pistón tiene un área A , el volumen de la cavidad con el micrófono en su lugar es V , y la oscilación pico a pico del pistón es D .

El pistófono puede utilizarse como calibrador. Debe notarse que el ruido del motor podría, en apariencia, restar exactitud al calibrador. Sin embargo, dado que el tono generado es de gran nivel de presión sonora (generalmente 94 dB ó 114 dB), el efecto es despreciable. El mayor inconveniente de los pistófonos reside en que sólo se pueden aplicar para la generación de bajas frecuencias (MIYARA, 1999).

4 RUIDO EN AUTOMÓVILES

El ruido escuchado en los automóviles es percibido de diferentes formas por los usuarios dependiendo de su ubicación, criticidad, continuidad y otras características que hacen que existan diferentes tipos de ruido, los cuales se deben estudiar y tratar de eliminar en las ensambladoras de vehículos automotores.

4.1 TIPOS DE RUIDO

Existen diferentes tipos de ruido, dependiendo de sus características, es decir de la manera en que son percibidos por el cliente. A continuación se presenta una lista de los tipos de ruidos más comunes percibidos por los usuarios:

- Golpeteo: Sonido producido por algo que oscila abruptamente. Grande intervalo entre los eventos sonoros.
- Vibración: Movimiento oscilatorio rápido de un cuerpo sonoro. Pequeño intervalo entre los eventos sonoros.
- Batimento: Sonido seco producido por el choque entre dos cuerpos. Medio intervalo entre los eventos sonoros.
- Crujido: Sonido agudo producido por la interferencia continua entre dos superficies.
- Chillido: Sonido agudo producido por la fricción de dos superficies sólidas.
- Claqueteo: Sonido grave producido por la interferencia continua entre dos superficies.
- Chirrido: Sonido agudo producido por la interferencia continua entre vidrio y otra superficie.
- Transparencia: Percepción exagerada de ruidos externos a la cabina del vehículo.
- Silbido: Sonido agudo asociado al flujo de un líquido presurizado o gas en el interior de un canal.
- Ruido de Aire: Ruido asociado al flujo de aire. Puede ser considerado como turbulencia cuando es relativo al flujo de aire al entorno de un objeto o como de entrada de aire cuando es relativo al flujo a través de una grieta.

4.2 FAMILIAS DE RUIDO

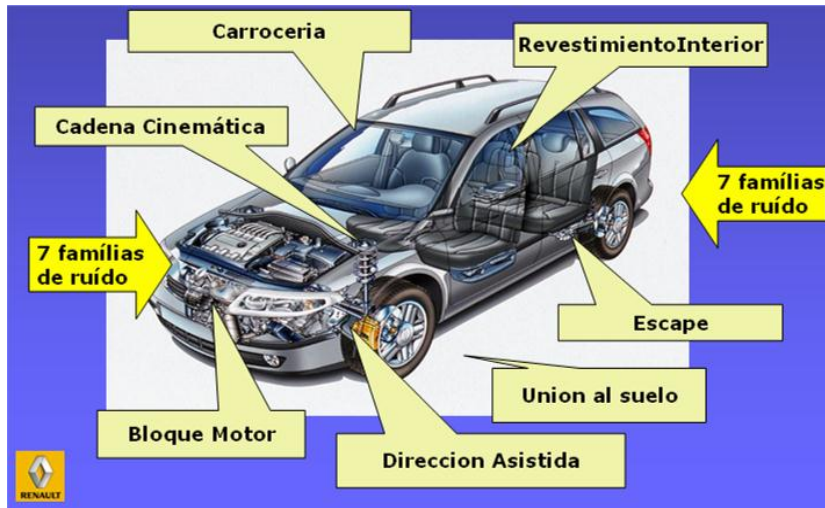
Dependiendo de la ubicación, los ruidos están divididos en siete familias, en cada una de estas se generan diferentes tipos de ruido. A continuación, se encuentran los componentes que forman cada familia de ruido.

- Cadena Cinemática: transmisión, caja de cambios mecánica, caja de cambios automática.
- Escape: turbo y línea de escape completa.
- Bloque Motor: bloque, sistema de inyección, alternador, correas, accesorios, compresor, bomba de gasolina, filtro de aire, ventilador, suspensión, tubos y mangueras.
- Dirección Asistida: columna de dirección, sistema de asistencia eléctrica o hidráulica, cremallera de dirección y brazo de caja de dirección.
- Revestimiento Interior: Asientos, panel de puerta, panel de bordo, consola, revestimientos, guarnecido de techo, tapetes, tablero de instrumentos, y revestimiento de la tapa del maletero.
- Carrocería: puertas, tapa del maletero, vidrios, antena, y retrovisores.
- Unión al suelo: Neumáticos, ruedas, tambor, disco, suspensión, base motor, y amortiguadores.

Por medio de estas siete familias es posible determinar de manera general en donde está ubicado el ruido, para tener una base sobre la cual iniciar el análisis del incidente y posteriormente determinar exactamente la ubicación del ruido, la causa de este y generar un plan de acción para evitar que se genere nuevamente.

En la Figura 5 se ilustran las siete familias de ruido que se identifican en un vehículo automotor.

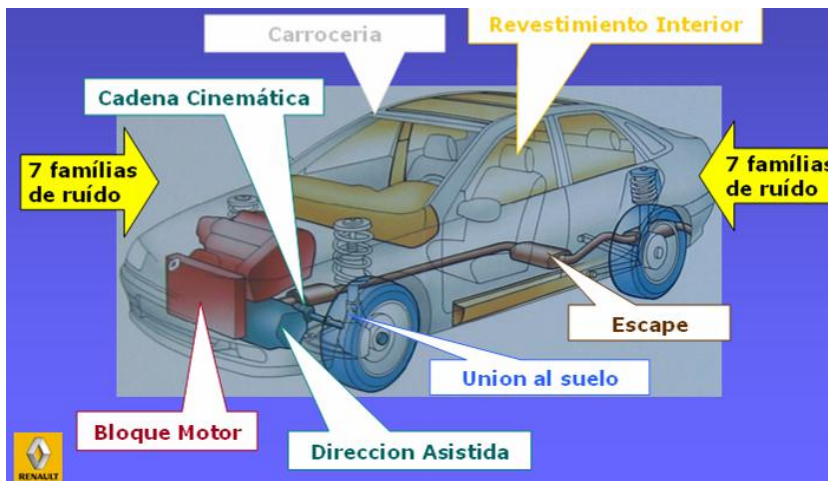
Figura 5. Familias de ruido.



(RENAULT BRASIL, s.f.)

En la Figura 6 se identifican las siete familias de ruidos y el conjunto de componentes en el vehículo que forman parte de cada una de estas.

Figura 6. Familias de ruido representadas por medio de bloques.



(RENAULT BRASIL, s.f.)

Dependiendo de la familia en donde este ubicado el ruido, estan establecidos los tipos de ruido que se pueden encontrar en cada una de estas, ya que no todos los ruidos se reproducen en todas las partes o sistemas del vehículo, es decir, solo cierto tipos de ruido se pueden encontrar en algunas partes del vehículo, ya que dependiendo de sus características funcionales como familia y ubicación en el vehículo, se generan determinados sonidos que son propios de cada familia de ruido.

En la Tabla 1. se encuentran los tipos de ruido que se pueden reproducir por cada familia en el vehículo (MIESSA, s.f.).

Tabla 1. Familias de ruido y ubicación en el vehículo.

Ruido	Familia						
	Motor	Escape	Unión al suelo	Revestimiento motor	Carrocería	Cadena cinemática	Dirección asistida
Golpeteo	X	X	X				
Aspereza	X						
Claqueteo	X		X	X			X
Zumbido	X				X		
Silbido		X			X		
Riudo de Boca		X					
Grilleo				X			
Crujido					X		
Chirrido			X	X		X	
Batimiento							
Rechinamiento		X		X			
Ruido de Aire					X		
Aullido			X				
Retiembla			X				
Sonido Silbante			X				X
Sireneo						X	X

Fuente: (GARCIA, 2010).

5 CONTROL DEL RUIDO

El control de ruido es una serie de pautas, técnicas y medidas específicas para mantener los niveles de ruido dentro de los márgenes requeridos para un mayor bienestar o para no poner en peligro la salud auditiva, según el caso. Existen dos tipos de situaciones en control de ruido:

El diseño de una nueva instalación, maquinaria o equipo capaz de producir bajos niveles de ruido.

La necesidad de corregir una instalación, maquinaria o equipo ya en funcionamiento y con problemas de ruido (niveles excesivos para determinada aplicación).

En general, en el primer caso el objetivo suele ser lograr el cumplimiento de determinadas normas (por ejemplo las que se exigen en tratados de comercio internacional), y en el segundo caso, en cambio, satisfacer las legislaciones laborales, códigos de edificación y disposiciones comunales o municipales sobre ruidos al vecindario y preservación del ambiente.

5.1 PAUTAS A SEGUIR PARA EL CONTROL DE RUIDO

Para el análisis y solución de los problemas de ruido es conveniente seguir las pautas siguientes:

- Identificar las fuentes de ruido y medir o estimar los niveles de ruido de cada uno de ellas.
- Evaluar el aporte relativo de los campos directo y reverberante
- Determinar la importancia del ruido transmitido por la estructura: aislamiento del sonido y aislamiento de vibraciones estructurales que se convierten en sonido.
- Evaluar la importancia del sonido transmitido por los flancos (fugas, pérdidas, etc.)
- Establecer prioridades y niveles requeridos de reducción
- Proponer, evaluar y seleccionar medidas de control.

5.1.1 Identificación de las fuentes de ruido.

La identificación de las fuentes de ruido consiste no sólo en descubrir qué elementos contribuyen a incrementar el campo sonoro de un ambiente acústico sino también en determinar cuantitativamente la importancia relativa de cada fuente.

Cuando el control de ruido se encara desde la etapa del proyecto de una instalación se tiene la ventaja de que es posible conocer a priori las especificaciones sobre la emisión de ruido de los equipos a utilizar. Sin embargo no siempre serán dichas especificaciones lo suficientemente completas; Por ejemplo, no es común disponer de información sobre la direccionalidad del ruido

emitido, ni sobre su espectro frecuencial. En lugar de ello se suele especificar la potencia acústica radiada bajo determinadas condiciones, o bien el nivel sonoro en decibeles a cierta distancia o en cierta posición.

Otra dificultad es que no es fácil pronosticar el incremento en la emisión a causa del envejecimiento de una máquina, por lo cual un determinado conjunto de medidas de control de ruido puede ser efectivo cuando la instalación es nueva pero no algunos años más tarde, al acumularse el desgaste de partes.

Estos inconvenientes para estimar el ruido provocado por una fuente determinada no existen en una instalación en funcionamiento, ya que es posible realizar todas las mediciones que sean necesarias. Sin embargo, surge otra dificultad, que consiste en que en general no es posible hacer operar de una las diversas fuentes de ruido, ya sea porque no se puede interrumpir un proceso productivo o porque el funcionamiento de una máquina requiere simultáneamente el de otra.

El problema pasa a ser entonces el de realizar suficientes mediciones como para individualizar el aporte de cada fuente individual al ruido general. Los recursos disponibles para ello son:

- Medición de espectro del campo directo de cada fuente. Estrictamente, el campo directo sólo puede medirse en una cámara anecoica, en la cual, por ser la absorción casi ideal, el campo reverberante es prácticamente nulo. Evidentemente, en la mayoría los casos no es posible trasladar la fuente de ruido a un laboratorio para efectuar esta determinación. Es importante realizar mediciones en varias frecuencias, ya que en muchos casos una fuente es irrelevante en cierta banda pero fundamental en otra.
- Medición de espectro del campo reverberante. El campo reverberante se puede medir alejándose suficientemente de todas las fuentes y, en lo posible, también de las paredes y otras grandes superficies reflectoras. Si el campo es difuso, bastaría una medición. En la práctica convendrá tomar cuatro o más valores en diversas ubicaciones que satisfagan la condición anterior (lejos de las fuentes sonoras y superficies).
- Medición de espectro de las vibraciones de cada fuente. Las vibraciones se miden con un acelerómetro. La importancia de este tipo de medición se debe en que las vibraciones se transmiten eficientemente a través de las estructuras semi-rígidas como paredes, pisos, cielorrasos, cañerías, etc., y al alcanzar superficies externas se transforman en sonido. Es posible, por lo tanto, que la medición del campo directo de las diversas fuentes de ruido no permita determinar cuál de todas ellas es responsable de una componente espectral medida en el campo reverberante.

- Correlación entre los resultados anteriores. Es de anotar que se pueden apreciar algunas de las vinculaciones que pueden establecerse entre las mediciones efectuadas, que permiten finalmente esclarecer el origen de las diversas componentes espectrales presentes con miras a su eliminación o atenuación.

Un caso importante lo constituye la correlación entre el espectro de las vibraciones medido en una fuente y el espectro del ruido, o correlación vibro-acústica. La presencia de las mismas bandas frecuenciales en ambos espectros es reveladora de un vínculo causal entre la fuente y el ruido detectado.

- Correlación con los diversos mecanismos de generación de ruido. Muchas máquinas con partes rotativas producen ruidos con componentes espectrales bien definidas, asociadas con la velocidad angular. Por ejemplo, en una sierra circular o sin fin, cada vez que un diente pasa por un mismo lugar se produce una perturbación sonora.

Las cajas reductoras de engranajes son otra fuente de ruido asociable con la velocidad de giro, a través del número de dientes. Ello es especialmente cierto cuando hay desgastes y juegos entre los dientes.

- Verificación de la consistencia entre resultados obtenidos y esperados. Cuando se realizan suposiciones equivocadas acerca de los orígenes de determinado ruido, sería importante estimar el valor a partir de los materiales constructivos utilizados y de sus absorciones tabuladas. Si bien este método de cálculo de no es demasiado preciso, debido a que los valores de tablas son valores promedio, al menos proporciona una aproximación suficiente como para verificar si el orden es correcto. La determinación experimental indirecta a través del tiempo de reverberación arroja resultados más precisos.

Otro caso es el de fuentes pequeñas que parecen radiar una importante cantidad de energía sonora en baja frecuencia. Si la longitud de onda es mayor que las dimensiones de la fuente, lo más probable es que la mayor parte de la energía sonora se deba a una reconversión de la energía vibratoria que la fuente sí estaría en condiciones de generar, y no a la propia emisión sonora.

5.1.2 Aporte relativo de los campos directo y reverberante.

Algunas técnicas de control de ruido son efectivas sólo cuando en la ubicación en la cual existe el problema de ruido predomina el campo reverberante, y otras, por el contrario, cuando predomina el campo directo. Por ejemplo, tratar acústicamente un local con material absorbente reducirá el campo reverberante, pero dejará intacto el directo. En cambio, alejar una fuente de las paredes o interponer una pantalla acústica contribuirá a reducir el campo directo sin influir apreciablemente en el campo reverberante.

5.1.3 Ruido transmitido por la estructura.

El ruido presente en un recinto no se limita al generado por las diversas fuentes ubicadas dentro del mismo, sino que puede deberse en parte a fuentes externas, separadas por uno o más tabiques que actúan como transmisores de sonido y/o vibraciones.

5.1.4 Transmisión por los flancos.

La transmisión por flancos consiste en el sonido que pasa de un lado al otro de un tabique pero no a través del tabique mismo. Dos ejemplos típicos son las rendijas en las aberturas y la transmisión a través de un cielorraso.

Si se tiene una estimación aceptable de la pérdida de transmisión de un tabique, puede determinarse con facilidad la presencia de transmisión por flancos, ya que los niveles medidos serán mayores a los esperados.

Es importante detectar las fugas por los flancos ya que de lo contrario puede caerse fácilmente en el error de procurar aumentar la pérdida de transmisión del tabique, lo cual dará resultados menos significativos de lo esperado. Es difícil en realidad predecir o calcular los efectos de la transmisión por flancos. El enfoque es más bien cualitativo, buscando localizar la vía de transmisión parásita para luego intentar neutralizarla.

5.1.5 Nivel de reducción requerido y prioridades.

El nivel de reducción necesario para corregir un determinado problema de ruido depende tanto del ruido existente como de los valores considerados aceptables según el tipo de actividad. Así, en un ambiente laboral de pocas exigencias en cuanto a concentración en el trabajo o a la comunicación oral, el nivel requerido será el que establece la reglamentación correspondiente. En un ambiente más exigente, por ejemplo un teatro para la ejecución de conciertos, el nivel aceptable será mucho menor, lo cual implicará adoptar medidas de control muchísimo más severas.

5.1.6 Propuesta de medidas de control.

Una vez identificadas las fuentes, establecida la relativa importancia de cada camino de transmisión y determinadas las prioridades, se deben proponer medidas específicas de control de ruido.

5.2 ALGUNAS TÉCNICAS DE CONTROL DE RUIDO

Las medidas de control de ruido pueden clasificarse según en qué punto del trayecto de la onda sonora o vibratoria se apliquen: en la propia fuente, en la vía de transmisión, o en el receptor.

Las soluciones más efectivas son las que se realizan en la misma fuente, es decir, reduciendo la propia emisión sonora o de vibraciones. La filosofía básica consiste en que el sonido que no se genera, no se propaga y por consiguiente no llega al receptor. En el caso de instalaciones o equipos que se encuentran ya en funcionamiento este tipo de solución suele ser la más costosa y difícil de

lograr, pues implica modificaciones importantes que obligan, por ejemplo, a retirar o desmontar una máquina, interrumpir servicios o procesos de producción, etc. En la etapa de proyecto, en cambio, se tienen mayores libertades en cuanto a la toma de decisiones y a las alternativas disponibles.

Las soluciones en la vía de transmisión incluyen el aislamiento sonoro, el tratamiento de superficies con materiales absorbentes, la ubicación de pantallas o barreras acústicas y el encapsulamiento. Es el tipo de solución que se adopta habitualmente en instalaciones ya terminadas en las que aparecen problemas de ruido que no se habían previsto en el proyecto.

Las soluciones en el receptor abarcan desde el aislamiento del mismo, hasta la protección auditiva o reducción del tiempo de exposición.

5.2.1 Técnicas de control en la fuente.

Para controlar el ruido en la fuente existen diferentes técnicas como son: evitar grandes superficies radiantes, desplazar la frecuencia de operación o de resonancia, evitar choques o impactos, aislar las vibraciones y controlar los flujos líquidos y gaseosos. Estas técnicas son detalladas a continuación.

- Evitar grandes superficies radiantes. Las superficies extensas vibrantes son radiadores sonoros muy efectivos en un rango amplio de frecuencias, resultando difícil amortiguar las correspondientes vibraciones. Conviene, pues, subdividir las superficies en fragmentos separados o hacerlas cruzar interiormente por una serie de nervios de mayor grosor que quiebren la homogeneidad de la gran superficie. Esto produce cambios de impedancia mecánica en el trayecto de las ondas que se propagan a lo largo de la superficie, creando reflexiones que elevan la frecuencia a la cual cada porción es eficiente radiando sonido (es decir, frecuencias cuyas longitudes de onda sean comparables al tamaño de la porción). De esta forma no sólo se elimina la radiación de sonidos de baja frecuencia sino que se traslada la emisión a un rango de frecuencias en el cual es más fácil de controlar, por ejemplo mediante el uso de amortiguación.
- Desplazar la frecuencia de operación o de resonancia. Esta técnica implica desplazar algunas frecuencias características hacia una región del espectro audible en la cual sean menos molestas o dañosas, o bien sean más fácilmente absorbidas y atenuadas. Un ejemplo es cambiar la cantidad de dientes de la hoja de una sierra, o la cantidad de aspas de una hélice o turbina. Otro ejemplo es subdividir una ventana grande en varias hojas pequeñas. Al reducirse las dimensiones, los modos normales de resonancia se desplazan hacia frecuencias más altas, donde es más fácil controlarlos.
- Evitar choques o impactos. Por lo general, los cambios bruscos de velocidad producen ruidos de gran intensidad, ya que una gran cantidad de energía cinética no puede convertirse

instantáneamente en calor, quedando transitoriamente transformada en otra forma de energía cinética: la energía vibratoria, que es radiada como sonido o propagada por la estructura. Es lo que sucede cuando dos objetos chocan. Si los objetos son grandes existe otro fenómeno que contribuye a la generación de sonido, y es el rápido incremento de presión que tiene lugar durante los últimos instantes del acercamiento. Esto da origen a ruidos explosivos o impulsivos, de gran intensidad y corta duración.

- Aislar vibraciones. La aislación impide la propagación de vibraciones que más tarde se convertirán en sonido. La función del aislador consiste en llevar la frecuencia natural del sistema muy por debajo de la frecuencia de operación normal, ya que de esa manera la vibración queda confinada en la máquina o equipo tratado.

Debe proveerse un adecuado amortiguamiento, especialmente en aquellos sistemas que cambian frecuentemente de velocidad, o bien que arrancan y paran a menudo. Muchas veces es conveniente proveer una base inercial rígida que se apoyará sobre los aisladores, mejorando la estabilidad lateral al bajar el centro de gravedad, reduciendo la frecuencia natural, y proporcionando rigidez estructural que en muchos casos es imprescindible para la operación segura de los equipos.

- Flujos líquidos. Deberá cuidarse que no se produzcan grandes turbulencias ni cambios bruscos de caudal o presión. Las turbulencias se producen cuando el caudal es muy alto. El criterio universalmente aceptado para que el flujo pueda considerarse laminar se expresa en términos del Número de Reynolds NR:

$$NR \leq \frac{\rho v D}{\mu} \leq 2000$$

Donde μ es el coeficiente de viscosidad, ρ la densidad del fluido, D el diámetro del caño, y v la velocidad de circulación.

- Flujos gaseosos. Los flujos de aire u otros gases siguen lineamientos parecidos a los de los flujos líquidos. En el caso de conductos de ventilación o de escape, sin embargo, existe una importante diferencia, ya que las impedancias acústicas del medio dentro y fuera del conducto son similares, por lo cual la efectividad de la radiación es mayor. Por ello, en los casos en que se requieran bajos niveles de ruido es preciso evitar a toda costa las turbulencias. A pesar de que el coeficiente de viscosidad y la densidad son menores que para los líquidos, el diámetro del tubo es generalmente mayor, por lo cual las velocidades admisibles para mantener el flujo laminar no son muy altas.

5.2.2 Técnicas de control en la vía de transmisión.

La vía de transmisión incluye el campo directo, el campo reverberante, las estructuras, los tabiques y pantallas, las tuberías, etc. pueden aplicarse las siguientes técnicas:

- Ubicar las fuentes adecuadamente. La posición de una fuente sonora incide poco en la potencia sonora total que emite, y por consiguiente afecta poco al campo reverberante (que se manifiesta lejos de la fuente). En cambio, puede ser definitoria en cuanto al campo directo o cercano.

El factor de directividad Q aparente de una fuente sonora es 2 cerca de una superficie (por ejemplo el piso o una mesa o banco de trabajo), 4 cerca de una arista (por ejemplo acomodada sobre una mesada y contra la pared), y es 8 cerca de una esquina (la intersección entre dos paredes y el piso).

- Utilizar materiales absorbentes. El uso de materiales absorbentes es recomendable en aquellos casos en que el campo reverberante sea un problema. Si bien en teoría el campo reverberante no es muy influido por la posición del material absorbente, en la práctica se obtienen mejores resultados si el material se ubica cerca de las fuentes. En algunos casos es conveniente utilizar paneles absorbentes colgantes, incrementando su cantidad en las proximidades de las fuentes de ruido.

- Introducir aislación sonora. Existen tres formas básicas de aislación: la pantalla o barrera acústica (aislación del campo directo), el encapsulamiento de la fuente y el encapsulamiento del receptor. La pantalla es bastante efectiva en el caso de ruido en exteriores, donde el efecto preponderante es el del campo directo. En los locales, requieren un refuerzo con material absorbente así como el tratamiento de algunas superficies reflectoras, como el cielorraso en la zona inmediatamente encima de la barrera, en interiores la pantalla no resultará muy efectiva para controlar el campo reverberante a menos que esté recubierta con material muy absorbente.

El encapsulamiento se basa en dos principios: la desvinculación acústica entre la fuente y el receptor por medio de una cubierta aislante, y la disipación de energía sonora con elementos absorbentes de alto rendimiento ubicados principalmente en las proximidades de la fuente, donde el campo sonoro es más intenso, y por consiguiente, la disipación mayor.

- Evitar conexiones directas a través de tuberías. Los conductos de ventilación, calefacción o aire acondicionado son caminos propicios para la transmisión de sonido entre diversos locales. En este sentido, es imprescindible evitar los tramos cortos conectando habitaciones o locales contiguos a través de entradas o salidas. Esto se debe a que la pérdida de transmisión de una tubería es proporcional a la longitud.

5.2.3 Técnicas de control en el receptor.

Las dos principales formas de control de ruido en el receptor son la protección auditiva y la reducción del tiempo de exposición.

- Protección auditiva. Consiste en la utilización de diversos tipos de protectores auditivos, es decir, dispositivos que, colocados en el oído o cerca de él, atenúan las ondas sonoras incidentes de manera de mitigar los efectos perjudiciales sobre la audición.

Los protectores auditivos pueden clasificarse en pasivos y activos. Los protectores pasivos actúan, conceptualmente, como aisladores acústicos, aunque algunos tipos particulares cumplen también funciones de filtro acústico. Los protectores activos utilizan diversas disposiciones electroacústicas, que contienen un micrófono, un amplificador, un altavoz o parlante pequeño (audífono), y algún circuito de control.

- Reducción del tiempo de exposición. Esto puede lograrse ya sea con una jornada de trabajo heterogénea, es decir en la cual se alternen las actividades que deban realizarse en ámbitos ruidosos, o por medio de la rotación de tareas, es decir asignando periódicamente a diferentes empleados las tareas más ruidosas. Este enfoque no siempre es posible, ya que requiere una capacitación para múltiples tareas por parte del personal que se irá reemplazando mutuamente (MIYARA, 1999).

5.3 NORMAS PARA EL CONTROL Y LA EVALUACIÓN DEL RUIDO

Existen diversas normas que regulan el ruido emitido por los vehículos en estado estacionario y en aceleración, las cuales deben ser tenidas en cuenta para determinar la cantidad de ruido emitido por un vehículo automotor.

5.3.1 Norma ISO 5130:1982. Acústica - medición del ruido emitido por vehículos detenidos - método de inspección.

Esta norma define un método para la medición de los niveles de ruido en el escape de los vehículos estando éstos en condiciones estacionarias. Básicamente la norma establece cuatro puntos más relevantes:

- Instrumentación. Se refiere a los requisitos de los instrumentos de medición de ruido, calibración, requisitos para los instrumentos de medición de velocidad y de mediciones meteorológicas.
- Sitio de Pruebas. Indica que la superficie de prueba debe ser una superficie plana de concreto, asfalto u otra superficie acústicamente reflectante. Los extremos del sitio deberán estar al menos a tres metros de los extremos del vehículo y no deberán existir objetos que

afecten la lectura del sonómetro dentro del sitio. En particular el vehículo no deberá estar a menos de 1 metro de los extremos del sitio cuando se realicen mediciones en el escape ni tampoco deberán existir objetos fuera del sitio de pruebas que estén a menos de tres metros del micrófono. Además, se recomienda que las pruebas no se realicen si la velocidad del viento supera los 5 m/s.

- Ruido de fondo. Indica que deberá estar al menos 10 dB bajo la emisión de ruido proveniente del vehículo bajo prueba.
- Procedimientos de medición. Se debe fijar el número de mediciones (al menos tres, validándose si el rango de las tres mediciones consecutivas no es mayor a 2 dB, el resultado de la medición los constituirá la media aritmética de las tres mediciones), preparación y posición del vehículo, y posiciones del micrófono y condiciones de operación del motor (ISO 5130, 1982).

5.3.2 Norma ISO 362:1998. Acústica - medición del ruido emitido por vehículos en aceleración - método de ingeniería.

Básicamente la norma establece cinco puntos más relevantes:

- Categorías de vehículos. Clasificadas como Categoría L, M y N de acuerdo al número de ruedas (L para menos de 4 ruedas, M y N para más de cuatro ruedas); uso (transporte de pasajeros (M) o de mercancías (N)); subcategorías 1, 2,3, (4 y 5 para Categoría L) de acuerdo a la capacidad del motor para el caso de la Categoría L y de acuerdo al número de asientos y peso para las Categorías M y N.
- Condiciones generales. Se refiere a las condiciones de conducción y a la interpretación de los resultados.
- Instrumentación. Se refiere a los requisitos de los instrumentos de medición de ruido, calibración, requisitos para los instrumentos de medición de velocidad y de mediciones meteorológicas.
- Ambiente acústico, condiciones meteorológicas y ruido de fondo. Se deben fijar las condiciones del sitio de prueba, recomendaciones de rangos de temperaturas (entre 0° y 40°C), velocidad del viento (<5 m/s) y ruido de fondo (15 decibeles bajo la emisión de ruido provenientes del vehículo bajo prueba).
- Procedimientos de medición. Se deben fijar las posiciones del micrófono, número de mediciones, condiciones del vehículo, condiciones de operación de acuerdo a la categoría del vehículo y al tipo de caja de cambios (automática o manual) (ISO 362, 1998).

5.3.3 Norma ISO 10844:1994. Acústica – especificaciones de la pista de pruebas para medir el ruido emitido por vehículos en aceleración.

Esta norma es un complemento de las Normas ISO 362:1981 e ISO 7188:1985. A continuación se presenta un resumen de los aspectos más importantes de esta norma:

- Volumen de vacíos residuales. Porcentaje determinado de las muestras del centro de las pista. En superficies de concreto, las bolsas de aire pueden estar interconectadas entre sí y la atmósfera exterior, o no.
- Coeficiente de absorción acústica. Para la norma es suficiente con incidencia normal y el que sea calculado para el rango entre 400 y 1600 Hz.
- Macro textura. Desviación de un aplanado perfecto. Ocurre dentro del rango de longitudes de onda horizontal de 0.5 a 50 mm. Puede lograrse de diferentes formas, por ejemplo. Añadiendo particulado, exponiendo una mezcla áspera, diseñando mezclas con suficiente contenido de vacíos para permitir drenaje de agua en la superficie.
- Profundidad de textura. Promedio de rugosidad del pavimento. Se requiere MTD ≥ 0.4 mm.
- Condición de homogeneidad. La pista debe ser lo más homogénea posible (ISO 10844, 1994).

5.3.4 Norma ISO 5128:1980. Medida del ruido dentro de vehículos de motor.

Esta Norma internacional es la primera fase en el desarrollo de una prueba pensada para mantener una definición útil de ruido interior para ingeniería y propósitos contractuales. Especifica las condiciones para obtener las medidas reproducibles y comparables de los niveles del ruido y los espectros del ruido dentro de todos los tipos de vehículos de motor para el uso de ruta, incluyendo aquéllos dónde el conductor y/o los pasajeros ocupan una cabaña abierta o una área bien definida, pero excluyendo los tractores agrícolas y maquinaria del campo cubiertas por ISO 5131. Cada una de estas normas se encuentra detallada en el Anexo A.

6 CONFORT ACÚSTICO EN EL AUTOMÓVIL

El confort acústico en el automóvil, es una de las principales características de calidad con las cuales debe contar un automóvil, por lo tanto las ensambladoras deben contar con las herramientas necesarias que garanticen tal objetivo, ya que de ello depende en gran medida la satisfacción de los clientes y por consiguiente el prestigio de la marca.

6.1 CONTROL Y LA EVALUACIÓN DEL RUIDO

El confort se ha convertido en los últimos años en una de las cualidades fundamentales que los usuarios exigen a un vehículo moderno. Dentro de este concepto se engloban características tales como la ergonomía, el espacio interior, el confort térmico y evidentemente las vibraciones y el ruido.

Por otro lado, estas mismas exigencias de confort acústico, crecen de forma continua, y se suman a la constante evolución tecnológica, también de aumento imparable, que presentan los automóviles. Todo esto hace que para un fabricante, la concepción de un vehículo silencioso sea una tarea grandemente compleja.

Como era de esperar, las múltiples interdependencias técnicas e interacciones entre diferentes funciones y sistemas del vehículo presentan un constante conflicto de intereses entre la acústica y otras prestaciones (seguridad activa, seguridad pasiva, dinámica del vehículo, etc.), que deben resolverse de la manera más equilibrada posible. Todo ello teniendo siempre presente las restricciones propias inherentes al desarrollo de todo proyecto: los costos y su industrialización en grandes series. Consecuentemente, la acústica se encuentra hoy día en el centro de la mayor parte de los conflictos que se generan en el desarrollo de un proyecto automovilístico, desde sus primeras etapas de pre-diseño hasta incluso cuando el automóvil se encuentra ya en su producción en serie.

Por último, el ruido interior del automóvil no es el único efecto acústico que debe ser tenido en cuenta. El sector transportes, constituye, entre las múltiples existentes, una de las principales fuentes de emisión acústica que afectan el entorno. Las exigencias tanto legislativas, como de la sociedad, convierten a la disminución de las emisiones acústicas externas en una nueva restricción de primer orden en el desarrollo de un proyecto.

La evaluación del confort acústico es algo, que debido a su carácter subjetivo, es difícil de abordar. Los niveles globales, dadas las características del problema, son insuficientes para evaluar dicho problema, y por lo tanto muy raramente utilizados, salvo para la acústica exterior.

El índice de articulación, que permite cuantificar la interferencia que ocasiona el ruido, apareció en su momento como un factor interesante, pero hoy día sigue utilizándose de una forma muy esporádica. En general, se trataba siempre con espectros de frecuencia empleándose decibeles,

estableciéndose para cada tipo de ruido un nivel máximo admisible. Estos niveles acústicos se fijan en base a la experiencia previa acumulada que permite relacionarlos, para cada tipo de ruido diferente de una forma fiable con la relación de confort. Es decir, raramente se evalúa el nivel de confort en sí.

6.2 FUENTES DE RUIDO.

Todas las piezas que componen un vehículo, y se pueden estimar en unas diez mil, son susceptibles, bien de producir ruido, bien de participar en su transmisión. La experiencia reduce este número aproximadamente a 200. El ruido de un automóvil, es el resultado de la superposición de ruidos de orígenes diversos que es difícil reagrupar en un único término. De todas formas, una primera clasificación permite agruparlos en dos grandes categorías:

6.2.1 Ruidos de funcionamiento.

Son los considerados como inherentes al propio funcionamiento del vehículo, y por lo tanto, estarán siempre presentes con niveles más o menos elevados. (Ruido de motor, ruidos aerodinámicos, ruido de rodadura, etc.). Naturalmente dependerán de sus condiciones de utilización. un usuario jamás se quejará de su presencia, sino de un nivel excesivo.

6.2.2 Ruidos parásitos.

Son aquellos cuya presencia se juzga anormal. Deben ser imperceptibles por el usuario, por ejemplo, los ruidos de los accesorios, o los grillos de salpicadero, etc.

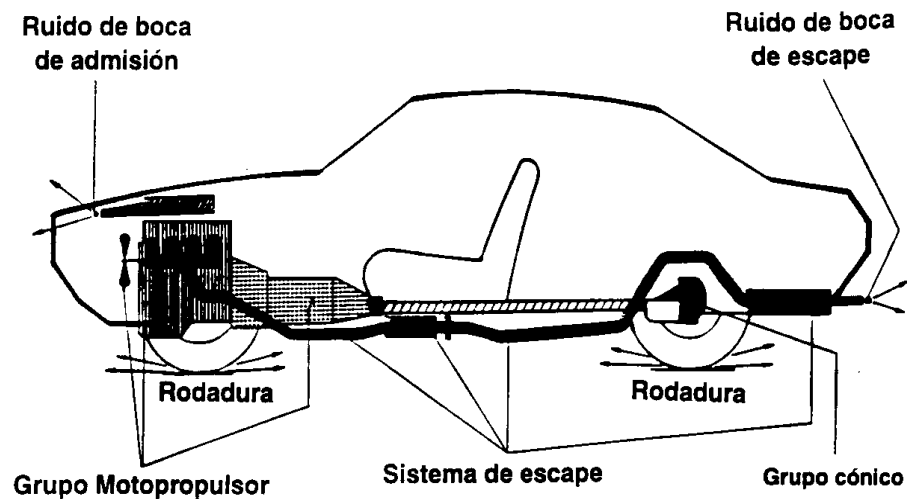
Por otra parte, el concepto de nivel sonoro va unido indiscutiblemente al de frecuencia, estableciéndose, existen tres categorías: baja frecuencia (20 - 200 Hz), frecuencia media (200 – 800 Hz) y alta frecuencia (800 – 10000 Hz)

En el automóvil, las principales fuentes primarias de ruidos son:

- Grupo motopropulsor y sus accesorios.
- Sistemas de escape y admisión.
- Rodadura del vehículo.
- Ruidos de origen aerodinámico.
- Funcionamiento de órganos y de accesorios diversos.

En la Figura 7 se ilustran las principales fuentes de ruido que se producen en los vehículos.

Figura 7. Principales fuentes de ruido.



(ESTUDIOS, s.f.)

Cada una de estas fuentes es capaz de producir diferentes tipos de ruido. Cada tipo de ruido requerirá un trabajo acústico totalmente específico.

El principal ruido que se localiza en un automóvil es el denominado “zumbido” del motor, que es el que normalmente se identifica como ruido de un vehículo. El bloque motor está sometido a dos excitaciones principales, que son inevitables, dado el principio de funcionamiento de un motor alternativo:

- Esfuerzos de explosión del gas en cada cilindro.
- Esfuerzos de inercia de las partes móviles no equilibradas.

Estos esfuerzos son el origen de vibraciones que tienen componentes principales en frecuencias correspondientes a la fundamental de rotación del motor y a sus armónicos. Su importancia relativa depende del número de cilindros del motor y de su disposición.

A bajo régimen, el zumbido motor se debe al aciclismo del par de explosión, transmitido normalmente hasta el habitáculo por medio de los ejes del vehículo, la caja y los árboles de transmisión. A alto régimen, sin embargo, son las fuerzas verticales de inercia, transmitidas normalmente a través de la suspensión del motor, el componente principal de este tipo de ruido.

Este ruido al ser producido por el segundo armónico de rotación del motor, que normalmente alcanzan velocidades entre 600 y 6000 rpm, cubre un rango de frecuencias comprendido entre 20 y 200 Hz, siendo por tanto un ruido sordo, de baja frecuencia, característico de los motores de explosión.

Dentro de los ruidos producidos por la caja de cambios, el más típico es el sireneo; Este ruido esta originado por el hecho de que en un mecanismo de engrane, el punto de contacto entre los engranajes no es constante. Esto da lugar a una transmisión irregular de la velocidad de rotación, que acoplada con los modos de flexión excita los palieres y produce una vibración que se trasmite al carter de la caja de cambios. El ruido percibido se mueve en un rango de frecuencias que va desde 500 a 2000 Hz.

6.2.3 Ruido exterior.

El ruido transmitido al exterior por un vehículo es el único que tiene establecido un nivel máximo legal y un procedimiento de medida estandarizado. El método de ensayo, que debe ser realizado por un organismo oficial, con todo vehículo en proceso de homologación, es el fijado en la norma ISO 362.

La energía acústica máxima que se puede emitir hoy día es como máximo un 16% de la fijada en 1970.

La intensidad de cada fuente varía en el curso de la medida, ya que son funciones del régimen de giro del motor. No hay que olvidar también que el vehículo no es el único factor participante en el problema, y que por ejemplo las características del recubrimiento de las calzadas es otro factor de primer orden, e incluso si se habla ya de alguno de los efectos del ruido transmitido al exterior, ruido en viviendas o edificios públicos, no se debe dejar de lado la responsabilidad que tienen también los aislamientos de la mayoría de los edificios.

6.3 RECONSTRUCCIÓN DE FUENTES ACÚSTICAS

Para realizar la reconstrucción de fuentes acústicas es necesario tener en cuenta la transmisión del ruido, vías de propagación alternativas, reconstrucción de fuentes acústicas, el método de la rigidez de filtración y el método de las inertancias y fuerzas.

6.3.1 Transmisión de ruido.

Alcanzar los niveles acústicos fijados como objetivo exige un conocimiento profundo del fenómeno acústico desde su generación hasta su percepción en el habitáculo o en el exterior del vehículo. El mecanismo de generación del ruido interior se puede subdividir en dos grandes grupos, según se excite de una forma directa el aire del habitáculo o bien un medio diferente sea una estructura o un fluido. En este último supuesto, la energía vibratoria se propaga hasta las superficies externas en contacto con el aire del habitáculo. Estas son las superficies que radian la energía sonora como si fueran membranas de altavoces. Esta energía emitida por las superficies es la que excita los modos propios acústicos de la cavidad y da origen finalmente al ruido. A partir de esto, y dado que es la forma de transmisión que se produce en la mayoría de los casos, el mecanismo de transmisión del ruido se puede descomponer en tres fases:

- Fuente de ruido o de vibración.
- Propagación de vibraciones por vía sólida o de presiones por vía fluida.
- Emisión sonora final por parte de las superficies en contacto con el aire.

De esta forma, para cada tipo de ruido se define una fuente, una trayectoria de propagación primaria, una trayectoria de propagación secundaria y un emisor o responsable último de la emisión acústica percibida.

El reducir el nivel de ruido, es actuar simultáneamente en los tres niveles.

Además, la lucha contra cada tipo de ruido requerirá soluciones diferentes, en función de las características específicas de cada una de las tres fases del proceso descrito. Naturalmente es necesario analizar cada uno de ellos de forma independiente determinando su origen y vías de transmisión.

6.3.2 Vías de propagación alternativas.

Existe otro factor que añade una complejidad aun mayor al estudio de la acústica automóvil. Visto que muchos de los tipos de ruidos mencionados son el resultado de una transmisión de vibraciones por el vehículo, y que para poder tratarlos es imprescindible determinar las tres etapas del proceso de generación del ruido, aparece ahora el hecho de que el número de vías de transmisión posibles entre la fuente y el habitáculo y el número de posibles emisores es muy alto.

En el caso del ruido producido por el segundo armónico del motor los recorridos alternativos y los emisores abarcan la práctica totalidad del automóvil, con la circunstancia adicional, de que el problema para cada régimen del motor (y por lo tanto para cada frecuencia) puede ser, y es, distinto, con distintas vías de propagación, y posiblemente emisores, para cada frecuencia.

La acústica del automóvil, a pesar de los avances en cálculo y de la impartición de consignas cada vez más amplias, severas y precisas para intentar prevenir los problemas, presenta hoy día una componente experimental muy fuerte, absolutamente natural por otro lado, si se tienen en cuenta toda la serie de consideraciones vistas.

En el análisis experimental de los vehículos, el principal inconveniente que se encuentra, tiene su origen precisamente en la presencia de diferentes rutas de propagación de las vibraciones. Para un tipo definido de ruido, cuyo valor se mide en el interior del vehículo sin mayor dificultad, es necesario determinar para cada frecuencia problemática, la contribución al ruido final de cada una de las vías de propagación alternativas existentes. Conocidas estas, se deberán tratar, de acuerdo con el concepto de composición de fuentes acústicas, aquellas que contribuyan de forma significativa al ruido final.

6.3.3 Reconstrucción de fuentes acústicas.

Esta reconstrucción es especialmente útil en el análisis del problema zumbido motor. Muchos de los métodos presentes en la literatura e incluso implementados en paquetes de computador comerciales están especialmente desarrollados para determinar la contribución específica al nivel acústico total de cada uno de los apoyos del motor. Si bien hay que precisar que es interesante también para otros posibles caminos de propagación (línea de escape) y otros tipos de ruido. Existen diferentes métodos alternativos para el estudio de este problema, los más relevantes son:

- Desacoplamiento de elementos. Este es el más clásico de todos los métodos de trabajo, e incluso hoy día sigue siendo con toda probabilidad el de uso más extendido dada su elevada eficacia. Como su propio nombre lo indica está basado en romper la trayectoria de propagación en estudio, desolidarizando de la carrocería alguno de los elementos que la componen, por ejemplo, en el caso de los apoyos del motor, soltar uno de ellos. Una vez desacoplado el elemento se mide el ruido producido en estas condiciones. La contribución de la vía de paso en estudio frente al nivel total se determina mediante la diferencia entre el nivel medido en estas condiciones y el obtenido con este mismo elemento en su situación de origen. Este sistema presenta, sin embargo, una serie de inconvenientes:
 - a) En el caso de la suspensión del motor, dado el considerable peso de éste, es realmente difícil dejar el motor suspendido con un apoyo menos sin sobrecargar los restantes, con lo cual si se produce esto, variará la contribución de los que quedan conectados.
 - b) No se puede obtener la contribución de un único grado de libertad del tampón motor. Esta circunstancia es de importancia en muchas ocasiones, pues la solución puede venir orientada por esta información.
 - c) Si la variación de presión sonora medida es del mismo orden que el error de la medida. No existirá mayor eficacia del ensayo. Esto es vital en los casos en que el nivel sonoro total no sea producido por una única fuente dominante, sino por varias concurrentes de niveles equiparables.
 - d) Se emplea una cantidad considerable de tiempo en llevar a cabo este método.

Por lo tanto es más adecuado analizar la contribución de cada vía de paso por medio de técnicas en las que no sea necesario modificar la disposición del vehículo. El resto de métodos que se presentan, están basados en una serie de medidas complementarias, tanto de los propios tampones motores, como de la propia estructura de recepción y en la sensibilidad de la carrocería.

- Método de la rigidez de filtración. Se calcula el vector nivel acústico aportado por cada fuente mediante la expresión.

$$P = \frac{P}{F}(F)$$

$$F = K(w) \frac{1}{w^2} (Y_m \text{ y } Y_r)$$

Este método se basa en el cálculo del vector fuerza (F) que realiza el tampón, como producto de la rigidez dinámica del elemento filtrante y del desplazamiento entre sus extremos.

El desplazamiento se calcula mediante la doble integración del vector de vibraciones reales en los dos extremos de un tampón de la suspensión motor, lado motor (Y_m) y lado carrocería (Y_r). La vibración real sobre el vehículo se mide sobre banco de rodillos en cámara insonorizada, en condiciones iguales a las del ensayo de ruido.

La rigidez dinámica de la suspensión del motor en cada una de las tres direcciones debe ser medida desmontando cada uno de los elementos filtrantes del vehículo y montándolos sucesivamente en un banco dinámico para la medida de elementos de caucho, sobre el que se deben introducir precargas iguales a las que el elemento sufre sobre el automóvil.

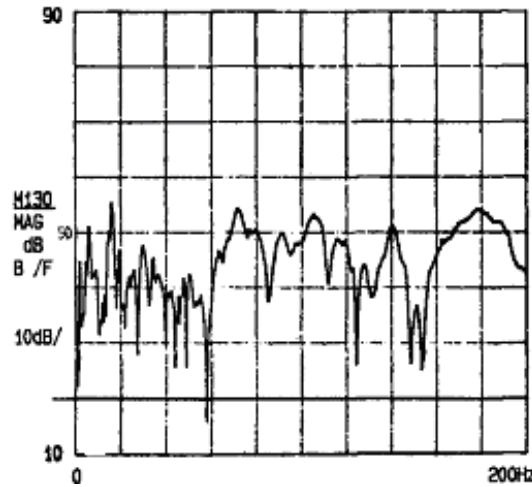
El termino [P/F] corresponde al transfer acústico, desde el soporte sobre el que apoya el tampón motor hasta el interior del habitáculo. Se mide excitando el punto con un martillo de impactos o un excitador electrodinámico. Las medidas se deben realizar también en sala insonorizada.

Dado que las fuentes en estudio son coherentes, todos los parámetros medidos y que aparecen en las ecuaciones anteriores son magnitudes complejas.

Este método, a pesar de no presentar algunas de las limitaciones del anterior, tiene varios inconvenientes considerables: es necesario una mayor cantidad de tiempo que en el anterior para desarrollarlo, hace falta un banco vibratorio para medir los tampones, y además la medición de estos últimos en condiciones similares a las del vehículo (soportes) presenta una enorme dificultad.

En la Figura 8 se muestra el esquema del módulo de la función de transferencia acústica de un vehículo en la fase de desarrollo.

Figura 8. Módulo de la función de transferencia acústica de un vehículo en fase de desarrollo.



(ESTUDIOS, s.f.)

- Método de las inertancias y fuerzas. Este método se basa en el cálculo de la fuerza de excitación (f) por medio de la medida de varias funciones de transferencias mecánicas (y/f), sean estas últimas inertancias o transfers vibratorios. Los transfers vibratorios se miden entre los soportes de apoyo de la suspensión motor y otros puntos de la carrocería. Posteriormente se mide la aceleración real en los mismos puntos con el vehículo en condiciones operativas.

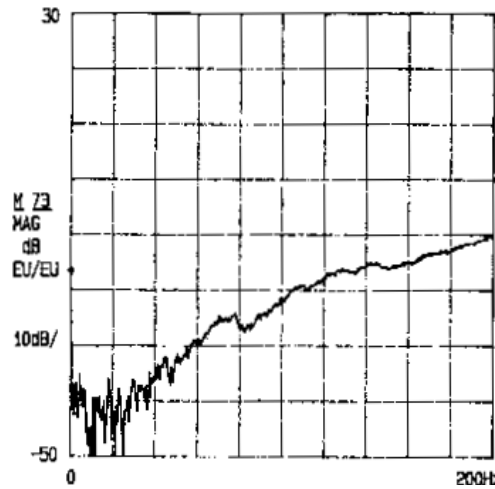
$$P \bullet \frac{P}{F}(F)$$

La relación entre la excitación en el soporte de la suspensión motor 1 y el vector aceleración de un punto i de la carrocería viene dada por:



En la Figura 9 se presenta el esquema del módulo de un vehículo en fase de desarrollo.

Figura 9. Interancia (modulo) de un vehículo en fase de desarrollo.



(ESTUDIOS,s.f.)

La aceleración total del citado punto i , será el resultado de la adición de las aceleraciones parciales con las que contribuyen todos y cada uno de los n puntos de excitación (subíndice k) en todas sus direcciones.



Trabajando con una relación similar entre todos los puntos de entrada de esfuerzo (excitación) y los puntos de la carrocería considerados, se llega a un sistema de ecuaciones así:



A partir de ese punto, se pueden calcular las fuerzas de excitación (F) interviniendo la matriz (Y/F), queda:



En este desarrollo todas las magnitudes vuelven a ser complejas, y por lo tanto deben estar medidas en amplitud y fase.

Este método es mucho más sencillo y rápido que el anterior, y es quizá la alternativa más eficaz en cuanto a resultados y tiempo necesario de todas las existentes, sin embargo los resultados que aporta no consiguen en todos los casos el nivel de confianza necesario.

6.4 TÉCNICAS DE INSONORIZACIÓN

La reducción del nivel sonoro en el interior del habitáculo, se puede alcanzar, bien reduciendo el ruido y las vibraciones generados por la fuente primaria, bien disminuyendo su propagación hasta el emisor final, que como se ha visto es la carrocería o bien trabajando este último insonorizándola o amortiguando sus vibraciones. Dado que las mejoras en el primero de estos aspectos no son por lo general suficientes. Lograr un buen confort acústico hace imprescindible actuar de manera simultánea sobre cada uno de estos tres frentes.

6.4.1 Vía sólida.

Las técnicas de insonorización por vía sólida son las siguientes:

- Filtración de las vibraciones mediante elementos elásticos. Normalmente esta función es ejercida por soportes de caucho. Estos elementos se caracterizan por su rigidez dinámica. La suspensión del grupo motopropulsor es el principal ejemplo que se encuentra en el automóvil. Las fijaciones elásticas a la carrocería de la línea de escape, los casquillos elásticos de los mecanismos de suspensión, son otros casos representativos de esta función filtrante.

La acústica siempre buscará como objetivo la máxima filtración vibratoria, lo que conlleva elementos elásticos lo más flexibles posible, mientras que en general los otros elementos buscaran más bien el efecto contrario, conseguir una mayor rigidez.

- Reducción de transfers vibratorios. En la transmisión de vibraciones por vía sólida es de especial interés el evitar la presencia de modos naturales de vibración, cuya frecuencia esté en el rango de excitación de la fuente. La presencia de modos es una fuente presencial de problemas.

Este fenómeno es de una importancia fundamental en todo el proceso de generación del ruido interior. Las vibraciones del grupo motopropulsor pueden ser reforzadas si sus frecuencias de flexión propias o la frecuencia natural de algún accesorio se encuentran en la playa de frecuencias mencionada.

De igual manera, cualquier elemento que forme parte de la trayectoria de propagación del ruido en cuestión y que tenga algún modo dentro de su rango de frecuencia, va a producir a esa frecuencia un aumento de las vibraciones a todas luces perjudicial para el objetivo

perseguido. Esta afirmación, es válida también para la estructura del vehículo, debiendo evitarse la resonancia de ella o de alguno de sus paneles en el rango de interés.

Un recurso utilizado muy frecuentemente para conseguir desplazar en frecuencia los modos propios de una estructura que sean susceptibles de ser excitados, es el resonador. Este es un sistema de un grado de libertad, masa sobre rigidez, o masa sobre elemento de caucho que se añade a la estructura.

De esta forma se consigue provocar una anti-resonancia sobre la frecuencia natural de la estructura, originándose dos picos de menor amplitud, uno más avanzado en frecuencia y otro más retrasado. Los nuevos picos se deberán encontrar en frecuencias que sean menos susceptibles de ser excitadas, o en las que la carrocería presente una menor sensibilidad, consiguiéndose de esta forma reducir el ruido interior.

- Amortiguación de las vibraciones. Este fin se alcanza mediante la disipación de parte de la energía vibratoria en calor. Su objetivo es amortiguar las vibraciones origen del ruido, sobre todo bajo la forma de ondas de flexión, y es necesario dada la baja amortiguación que tiene el acero. Mediante este sistema se atacan preferentemente las vibraciones sobre las grandes superficies radiantes, es decir, se trata del emisor final del ruido.

Los materiales que se utilizan específicamente con esta función son visco-elásticos que pueden situarse en diferentes formas sobre las superficies a tratar. Ejemplo típico de ello son los materiales tipo IFF. En la mayoría de los casos se deben aplicar sobre un material soporte que asegure su estabilidad y resistencia mecánica.

La respuesta en frecuencia del elemento sobre el que se aplican se ve modificado no solo por la amortiguación, sino por el aporte de masa y el aumento de rigidez que efectúan. Se caracterizan por su coeficiente de amortiguación (η), relación entre la energía disipada (E_a) y la energía incidente (E_i).

$$\eta = \frac{E_a}{E_i}$$

6.4.2 Vía aérea.

Las técnicas de insonorización por vía aérea son las siguientes:

- Aislamiento fónico. Su objetivo es disminuir la transmisión acústica por vía aérea se utilizan septums de 3 a 7 Kg/m² y materiales porosos tipo Taca de 60 a 90 Kg / m³. Se caracterizan por su índice de atenuación (R), relación entre la energía incidente (E_i) y la transmitida (E_t).

$$R = 10 \log \frac{E_i}{E_t}$$

El ejemplo más significativo de la aplicación de este tipo de materiales en el automóvil, es el aislamiento del salpicadero, con el fin de aislar el habitáculo del ruido del cofre motor. Esta función se puede desarrollar mediante sistemas de pared simple o doble. Debe resaltarse la importancia de asegurar la estanqueidad y evitar los agujeros acústicos que den por tierra con el aislamiento perseguido, aumentando la transparencia acústica de la carrocería.

- Absorción acústica. Su función es disipar la energía acústica transformándola en calor. Para ello los materiales utilizados son materiales porosos tipo Taca de 10.5 – 11.5 Kg/m³ y espumas de 55 a 1375 g/m² bien en capa simple o formando diferentes tipos de resonadores.

Se caracterizan mediante su coeficiente de absorción (α) que relación a la energía incidente (E_i) y la reflejada (E_r).

$$\alpha = \frac{(E_i - E_r)}{E_i}$$

El guarnecido del techo es un ejemplo de aplicación de este tipo de materiales en el automóvil (LOPEZ, s.f.).

7 CONCEPTOS GENERALES DE ULTRASONIDO

El ultrasónico abarca conceptos generales que deben ser tenidos en cuenta en el momento de utilizar equipos de ultrasonido y realizar pruebas con estos.

7.1 GENERALIDADES

Un ultrasonido es una onda acústica o sonora cuya frecuencia está por encima del espectro audible del oído humano (aproximadamente 20.000 Hz).

Los ultrasonidos son utilizados habitualmente en aplicaciones industriales (medición de distancias, caracterización interna de materiales, ensayos no destructivos y otros). También se emplean equipos de ultrasonidos en ingeniería civil, para detectar posibles anomalías y en medicina.

Las ondas sónicas se clasifican, por su frecuencia, en:

- Infrasonidos. Son ondas por debajo de 16 vibraciones por segundo o, lo que es igual, de menos de 16 Hz, que es el límite inferior de audición del oído humano. Vibraciones más lentas es posible notarlas, pero nunca oír las.
- Sonidos. Son las ondas entre 16 y 16.000 Hz, que conforman todo el espectro de sonidos que el hombre es capaz de escuchar. Hay animales, como perros, delfines o mosquitos, capaces de oír sonidos más agudos, de 25 KHz y aún más, pero estas ondas ya no entran dentro de espectro de los sonidos.
- Ultrasonidos. Son las ondas mecánicas que tienen una frecuencia superior a los 16.000 Hz, aunque los utilizados en medicina son, habitualmente, de frecuencia superior a 0,5 Megahercios (MHz). Suelen oscilar entre 0,5 y 3 MHz para su uso terapéutico y entre 1 y 10 MHz en ecografía.

Cualquier objeto que vibre es una fuente de sonido. Las ondas sonoras pueden ser generadas mecánicamente (diapasón), en medicina se generan por medio de transductores electro-acústicos, los cuales pueden operar bajo los siguientes principios:

- Efecto piezoeléctrico. Son cambios eléctricos que se producen en la superficie externa del material piezoeléctrico al aplicar presión a los cristales de cuarzo y a ciertos materiales policristalinos. En el cuerpo humano se observan estos efectos especialmente en tejidos óseos, fibras de colágeno y proteínas corporales, este efecto es reversible.

- Efecto piezoeléctrico invertido. Si los materiales arriba mencionados son expuestos a una corriente eléctrica alterna experimentan cambios en la forma, de acuerdo con la frecuencia del campo eléctrico, convirtiéndose así en una fuente de sonido.

Las ventajas del control ecográfico son:

- Los usuarios pueden escuchar en tiempo real los sonidos de funcionamiento del equipo
- El Ultrasonido es una señal localizada, lo que ayuda a los operadores a identificar una fuente de sonido
- El Ultrasonido proporciona indicaciones de alerta temprana de condiciones de emergencia
- Muestras de sonido pueden ser registrados y analizados en un PC
- Muestras de sonido pueden ser escuchadas en tiempo real cuando se analiza en un PC
- Muestras de sonido se pueden ver en los analizadores de vibraciones, proporcionando alta resolución
- El Ultrasonido detecta la falta de lubricación y evita que se exceda la misma
- Los instrumentos de ultrasonido son extremadamente efectivos para programas de Lubricación
- El Ultrasonido es muy eficaz para el seguimiento de rodamientos de baja velocidad
- El Ultrasonido es muy eficaz para el seguimiento de los rodamientos de todas las velocidades
- El Software proporciona datos importantes para informes de tendencias, agrupación de alarmas y análisis
- El Ultrasonido puede evitar problemas de cavitación
- El Ultrasonido detecta los dientes de engranaje defectuosos
- Instrumentos de ultrasonido pueden ser utilizados en ambientes ruidosos

7.2 APLICACIONES DE ULTRASONIDO

- Válvulas. La actividad de válvulas tal como el escape o bloqueo puede verificarse en forma precisa estando la válvula en línea. Las válvulas debidamente asentadas son relativamente silenciosas en tanto que las válvulas con fugas producen un flujo turbulento al moverse el

líquido del lado de alta presión a través de la fuga al lado de baja presión. Debido a una amplia sensibilidad y a una gama de selección de frecuencia ultrasónica, todos los tipos de válvulas incluso en ambientes ruidosos pueden probarse en forma exacta.

- Fugas de presión y vacío. Al pasar cualquier gas (aire, oxígeno, nitrógeno, etc.) A través de un agujero de fuga, genera un flujo turbulento con componentes detectables de alta frecuencia. Escaneando el área de prueba con un ultraprobe, puede escucharse una fuga a través de los audífonos como un sonido de caudal o puede observarse en la pantalla/medidor. Mientras más cercano esté el instrumento a la fuga, más fuerte es el sonido de caudal y más alta es la lectura. En caso que sea un problema el ruido ambiental, puede utilizarse una sonda de enfoque de caucho para reducir el campo de recepción de los instrumentos y para protegerlo contra ultrasonidos conflictivos. Además, la sintonización de frecuencia (disponible en la mayoría de los modelos) reduce en forma drástica la interferencia del ruido de fondo para facilitar la detección ultrasónica de fugas como nunca antes se ha logrado.
- Inspección de la trampa de vapor. Los fabricantes de trampas de vapor importantes han recomendado la inspección ultrasónica de trampas de vapor como uno de los métodos disponibles más confiables. Convirtiendo los elementos ultrasónicos de una trampa de vapor en funcionamiento al margen audible, se permite a los usuarios escuchar a través de audífonos y ver en una pantalla o medidor la condición exacta de una trampa de vapor mientras está en línea. Son fáciles de detectar las condiciones de soplido, ametrallado, trampas sobredimensionadas o bloqueo de líneas. La sintonización de frecuencia mejora la capacidad para seleccionar entre condensado y vapor.
- Inspección eléctrica. Arcos voltaicos, seguimiento y descarga en corona producen ultrasonido en el lugar de emisión. Estas descargas eléctricas pueden ubicarse rápidamente escaneando un área. La señal se escucha como un sonido de fritura o zumbido en los audífonos. Igual que con la detección de fugas de presión o vacío, mientras más cerca de la descarga esté el instrumento, más intensa es la señal. Prueba: cajas de cambios, transformadores, disyuntores, barras ómnibus, relés, cajas de empalmes, aisladores y otros equipos eléctricos.
- Inspección/monitoreo de rodamientos. Los estudios de la nasa han demostrado que el monitoreo de rodamientos con ultrasonido ubica fallas potenciales de rodamientos mucho antes de que se detecten con los métodos tradicionales de calor y vibración. Con equipos de ultrasonido los usuarios escuchan la calidad de sonido de un rodamiento así como también monitorean los cambios de amplitud en la pantalla o medidor. Esto proporciona la capacidad para analizar tendencias, solucionar problemas y confirmar problemas potenciales de

rodamientos; además facilita la inspección de rodamientos. Requiriendo un solo punto de prueba y muy poco entrenamiento, los usuarios aprenderán a probar rodamientos dentro de unos minutos. La sintonización de frecuencia facilita la sintonización en un rodamiento y lo aísla para su análisis independientemente de las señales en competencia.

■ Intercambiadores de calor, calderas y condensadores. El escape interno o escape de presión puede ubicarse rápidamente con equipos de ultrasonido. Conectores, válvulas, bridas pueden escanearse fácilmente en busca de escapes. La alta frecuencia y onda corta del ultrasonido permite a los operadores precisar la ubicación de una fuga en ambientes con mucho ruido. Los tubos de condensador y los tubos de intercambiador de calor pueden probarse en busca de filtraciones mediante el uso de tres métodos: vacío, presión.

- Vacío. La lámina del tubo se escanea en busca del sonido indicador de caudal que se produce cuando la fuga atrae aire dentro del tubo.
- Presión. Pueden realizarse pruebas adicionales cuando el sistema está fuera de línea utilizando presión de aire alrededor del atado de tubos y escaneando en busca del sonido de caudal producido en el tubo con filtración (ULTRAPROBE, s.f.).

7.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE ULTRASONIDOS

La inspección por ultrasonidos y el control de los rodamientos es el método más fiable para detectar fallos incipientes en el rodamiento y condiciones tales como la falta de lubricación. La advertencia de ultrasonidos aparece antes de un aumento de la temperatura o un aumento en la frecuencia baja de los niveles de vibración.

La inspección por ultrasonidos de los rodamientos es útil en el reconocimiento de:

- El comienzo de la falla por fatiga.
- Endurecimiento de las superficies de rodamiento.
- Inundaciones o de falta de lubricante.

En los rodamientos, como en el metal de los elementos de rodadura, rodillo o bola comienzan a fatigarse, una deformación sutil comienza a ocurrir. Esta deformación del metal produce superficies irregulares, lo que provocará un aumento en la emisión de ondas sonoras ultrasónicas. Un cambio en la amplitud de la lectura original es una indicación de un fallo incipiente en el rodamiento.

El sonido producido se observa como un aumento en la amplitud de las frecuencias ultrasónicas de seguimiento del rodamiento. La calidad del sonido de estos cambios también se puede escuchar a través de auriculares.

El endurecimiento de las superficies de rodamiento produce un aumento similar en amplitud debido al aplanamiento del material. Estas manchas planas también producen una alerta repetitiva que se detecta como un incremento en la amplitud de las frecuencias de control.

Cuando se produce el sonido, se recomienda que el usuario esté familiarizado con los sonidos de un buen rodamiento. Un buen apoyo se escucha como un zumbido o silbido. Chisporroteo o sonidos ásperos indican un inicio en la etapa de falla.

Hay dos procedimientos básicos de las pruebas para los problemas de rodamiento: comparativo e histórico. El método comparativo consiste en pruebas de dos o más rodamientos similares y "comparar" diferencias de potencial. El método de ensayo histórico requiere la supervisión de una falla específica durante un período de tiempo para establecer su historia. Mediante el análisis de rodamientos históricos, patrones de desgaste y/o cambios en los niveles de decibelios en frecuencias ultrasónicas particulares, se permite la detección y corrección temprana de problemas de rodamientos.

■ Prueba comparativa:

- a. Use Módulo de contacto (estetoscopio).
- b. Seleccione la frecuencia deseada. (Si sólo hay una frecuencia debe ser supervisada, considere el uso de 30 kHz).
- c. Seleccione un "punto de prueba" en la caja de soportes y marcarlo para el futuro; tocar ese punto con el Módulo de contacto. En la detección por ultrasonidos, los medios o materiales de ultrasonido tiene que viajar de un lado a otro, el más exacto de la lectura será elegido. Por lo tanto, se debe asegurar que la sonda de contacto debe tocar el alojamiento del soporte. Si esto es difícil, debe tocar un accesorio de engrase o tocar lo más cercano posible al soporte.
- d. Enfoque los soportes en el mismo ángulo, tocando la misma zona en el rodamiento.
- e. Reducir la sensibilidad para conocer la calidad de sonido con más claridad.
- f. Escuchar el sonido de rodamiento a través de auriculares para escuchar la "calidad" de la señal e interpretación correcta.
- g. Seleccione el mismo tipo de rodamientos en condiciones de carga similar y la misma velocidad de rotación.
- h. Comparar las diferencias de lectura del medidor y la calidad de sonido.

- Históricos teniendo tendencias. Antes de comenzar con el método histórico de tendencias para los rodamientos de seguimiento, debe ser utilizado el método comparativo para determinar una línea de base.
 - a. Utilice procedimiento básico como se indica más arriba en los pasos 1-8.
 - b. Registro de los datos para referencia futura.
 - c. Comparar esta información con datos anteriores. En todas las pruebas futuras, ajustar la frecuencia al nivel original.

Si el nivel de decibelios se ha movido hasta 12 dB de la línea base acompañado de un cambio en calidad de sonido, indica que el rumbo ha entrado en el modo de falla incipiente.

La falta de lubricación por lo general indica un aumento de 8 dB respecto al valor basal. Generalmente se escucha como un sonido fuerte por tierra. Si se sospecha la falta de lubricación, agregue lubricante mientras observa el medidor. Añadir un poco a la vez hasta que el nivel de dB se reduce a la línea de base.

Si las lecturas no vuelven a los niveles originales y siguen siendo elevadas, teniendo en cuenta que se va hacia el modo de falla una y otra vez con frecuencia.

Para evitar la falta de lubricación, tenga en cuenta lo siguiente:

- A medida que la película de lubricante reduce el nivel sonoro aumenta. Un aumento de cerca de 8 dB respecto al valor basal acompañado de un sonido uniforme corriendo indicará la falta de lubricación.
- Cuando falte lubricación, añadir lo suficiente para devolver la lectura a la línea base. Tenga cuidado. Algunos lubricantes necesitarán tiempo para cubrir uniformemente la superficie de rodamiento.

Una de las causas más comunes de falla del rodamiento es el exceso de lubricación. El exceso la presión del lubricante a menudo se rompe, o "estallan" los sellos que lleven a causa de una acumulación de calor, que puede crear la tensión y deformidad. Para evitar el exceso de lubricación:

- No lubrique si la lectura de línea de base y la calidad de la base de línea de sonido se mantiene.
- Use lubricante suficiente para que la lectura de ultrasonido llegue a la línea de base.
- Como se mencionó antes, tenga cuidado. Algunos lubricantes necesitarán tiempo para cubrir las superficies de rodamiento de manera uniforme.

La vigilancia de rodamientos de baja velocidad (por debajo de 200 rpm) es posible con un traductor de ultrasonido. Debido a la gran sensibilidad y la sintonía de frecuencia, es muy posible escuchar la calidad acústica de los rodamientos. En rodamientos extremadamente lentos (menos de 15 rpm), es necesario a menudo hacer caso omiso de la pantalla y escuchar el sonido del rodamiento. En estas situaciones extremas, los rodamientos son generalmente grandes y engrasados con alta viscosidad del lubricante. Si un sonido de alto nivel se escucha, por lo general un sonido crepitante, hay una cierta indicación de deformidad que ocurre. En la mayoría de rodamientos de baja velocidad, es posible establecer una línea de base.

Un traductor de ultrasonidos, puede ser conectado a un analizador de vibraciones para mejorar el proceso de diagnóstico. La conexión se realiza a través de los auriculares. Esto permite que un analizador de vibraciones para recibir el Traducido, de una buena información, que puede ser usada para monitorear la tendencia de rodamientos, incluyendo los soportes de baja velocidad. También se puede extender el uso del analizador para registrar todos los tipos información mecánicos tales como válvulas de escape del compresor, la cavitación, el desgaste de engranajes, etc. Si el analizador de vibraciones no está disponible, grabar los sonidos y reproducirlos en un PC a través de un software de análisis espectral.

Como equipo operativo empieza a fallar debido a desgaste de los componentes en la rotura o desajuste, los cambios se producen por ultrasonidos. Los cambios que acompañan el sonido patrón pueden ahorrar tiempo y trabajo en el diagnóstico de problemas si están correctamente controlados. Por lo tanto, la historia de ultrasonidos de los componentes clave puede evitar el tiempo de inactividad no planificado. Y así, si el equipo debe empezar a fallar en el campo, un traductor de ultrasonido puede ser muy útil en la solución de problemas de análisis.

Solución de problemas / análisis de estado.

- a. Utilice Módulo de contacto (estetoscopio).
- b. En área táctil de prueba(s): escuchar a través de los auriculares y observar la pantalla.
- c. Ajuste selector de sensibilidad hasta que el funcionamiento mecánico del equipo se escuche claramente y el gráfico de barras indicador de la intensidad pueda fluctuar.
- d. La sonda de equipos debe tocar diferentes zonas sospechosas.
- e. Si los equipos de sonidos de prueba presentan un problema, tratar de "sintonizar" con el sonido el problema: sondeo del equipo hasta que el sonido en que se escucha un problema potencial o ajustar la frecuencia lentamente hasta que el problema de sonido se escuche con más claridad.

- f. Para centrarse en los sonidos problema, mientras el sondeo, reducir la sensibilidad poco a poco ayuda a localizar el problema de sonido en su "punto más alto.

Supervisión de funcionamiento del equipo: Con el fin de comprender y mantenerse por delante de potenciales problemas en el funcionamiento de equipos, es necesario establecer bases de datos y observar los cambios en esos datos. Esto se puede lograr por el registro de datos por medio de lecturas directamente en el instrumento o por la grabación de sonidos a través de una tarjeta Compact Flash o un dispositivo de grabación (ULTRASONIC PREDICTIVE MAINTENANCE, s.f.).

7.4 NORMA DE ULTRASONIDO

Existen diversas normas relacionadas con ultrasonido, las cuales deben ser tenidas en cuenta para realizar ensayos no destructivos. La norma SNT-TC-1A, de la Asociación Americana de Ultrasonido (ASNT), es la norma que se refiere a la certificación de las personas que realizan pruebas no destructivas.

SNT-TC-1A. SNT-TC-1A Ed. 2001, calificación y certificación de personal en pruebas no destructivas. Está comprobado que la efectividad de la aplicación de las pruebas no destructivas (PND) depende de la capacidad del personal que es responsable de las PND y de ejecutarlas. Esta Práctica Recomendada ha sido preparada para establecer los lineamientos para la calificación y certificación del personal de PND que requiere en sus trabajos específicos el conocimiento apropiado de los principios técnicos de las pruebas no destructivas que ejecuta, atestigua, monitorea o evalúa (SNT-TC-1A, 2001).

Esta norma se encuentra detallada en el Anexo B.

8 GRUPO DE RUIDOS DE RENAULT SOFASA

Renault Sofasa tiene implementado el grupo de ruidos el cual es el encargado de realizar los análisis acústicos que se requieran en la planta, por medio de este se controla el ruido escuchado al interior de los vehículos y se garantiza la calidad acústica de los vehículos ensamblados en la planta de Renault.

8.1 GENERALIDADES DE RENAULT SOFASA

Renault Sofasa es una compañía que produce vehículos de marca Renault; tiene dos sedes; la primera ubicada en Envigado-Medellín está compuesta por: Dirección General, Dirección de Producción, Dirección de Compras, División de Ingeniería, Dirección de Recursos Humanos, Dirección Financiera y Dirección de Calidad.

La segunda sede ubicada en Chia-Bogotá, está compuesta por: Dirección General, Dirección Comercial Renault, Dirección Jurídica y de Relaciones Gubernamentales, Dirección Financiera y el Almacén central de repuestos.

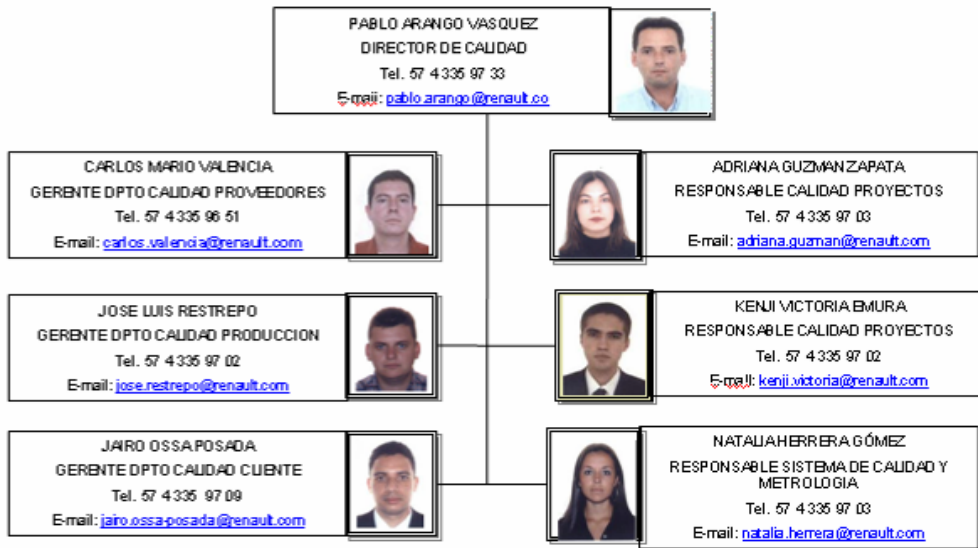
Los procesos llevados a cabo en la planta de Envigado son: Soldadura (se realiza la cabina del vehículo); Pintura (se le da protección y color al vehículo) y por último Ensamble, en donde se agregan todos los componentes que conforman y le dan la apariencia final a un vehículo.

El departamento de calidad es el encargado de garantizar que el producto terminado cumpla con los requerimientos y estándares exigidos por Renault, y de igual modo de crear una estrategia para ser competitivos en el mercado automotriz.

Diección de calidad de Renault Sofasa esta dividida en tres departamentos, el primero es el departamento de Calidad Proveedores, el cual se encarga de garantizar que las piezas entregadas por los proveedores cumplan con los estándares de calidad; el segundo es el departamento de Calidad Producción, el cual se encarga de garantizar la calidad en todo el proceso de producción en la línea; el tercer departamento es el de Calidad Cliente, el cual se encarga de garantizar la calidad del vehículo en la posventa (Renault Sofasa Nuestra Empresa, 2010).

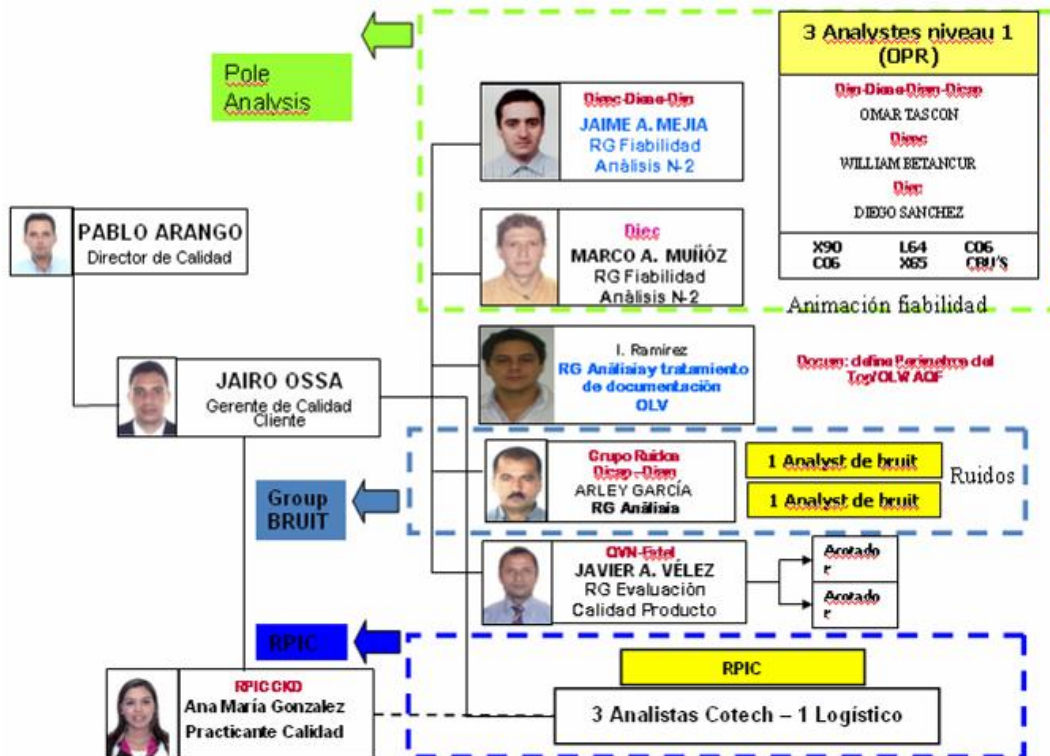
En la Figura 10 se presenta el organigrama de la dirección de calidad, en esta se observan los tres departamentos en que esta dividida esta área. El departamento de Calidad cliente, dirigido por Jairo Ossa Posada, es el responsable del grupo de ruidos de Renault Sofsa, este esta conformado por: Arley Garcia (esponsable del grupo de ruidos) y por dos analistas de ruidos (ver Figura11).

Figura 10. Organigrama Dirección de Calidad Renault Soasa.



(SOFASA, 2010)

Figura 11. Organigrama Departamento de Calidad Cliente Renault Soasa.



(SOFASA, 2010)

8.2 GENERALIDADES DEL RUIDO EN RENAULT SOFASA

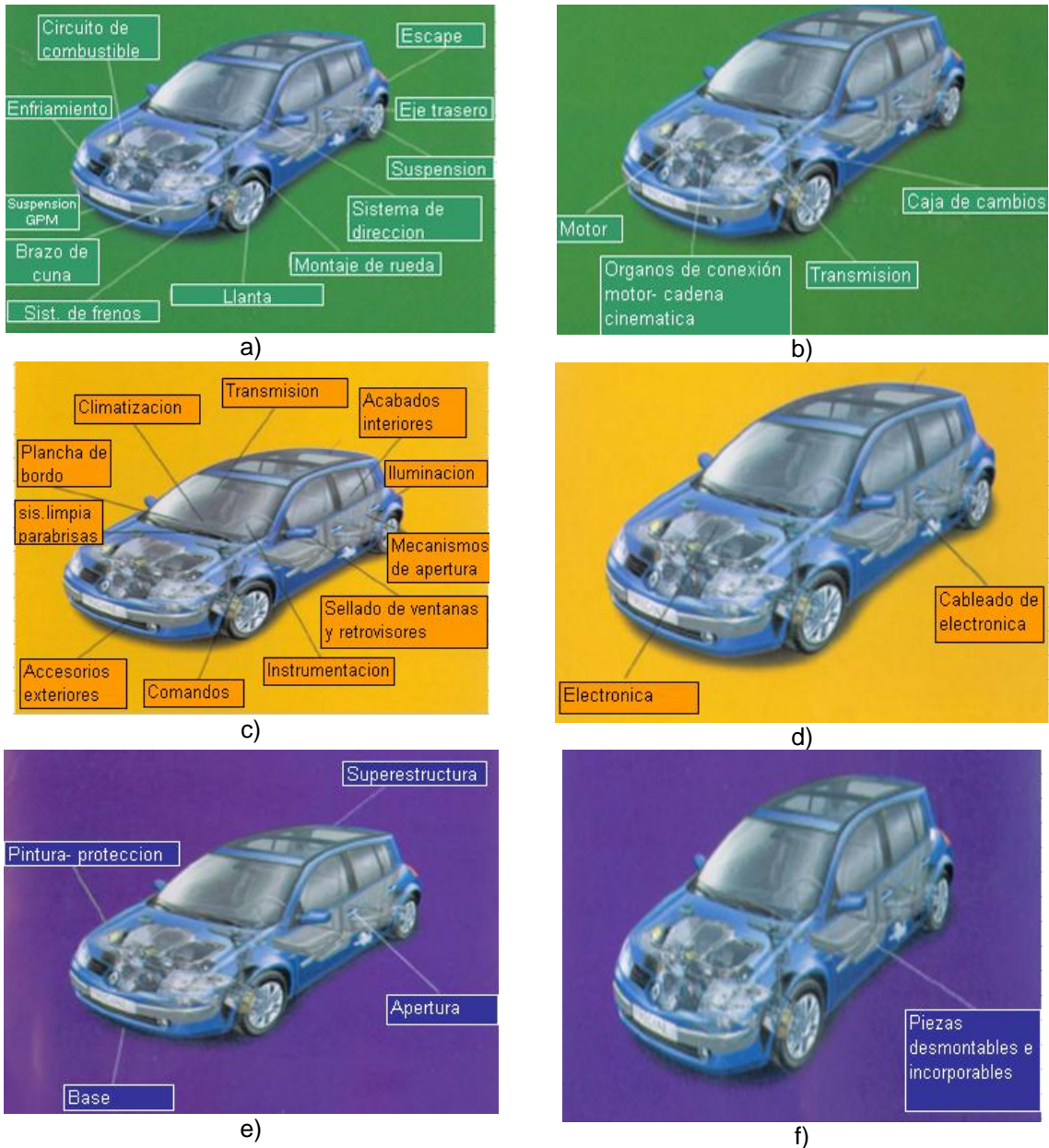
El ruido generado por un vehículo es transmitido a través de su estructura y es percibido al interior de la cabina; la calidad acústica de los vehículos es un factor determinante en los clientes en el momento de elegir la marca, por lo tanto el ruido es un factor fundamental a controlar en el proceso de fabricación de Renault Sofasa, ya que de este depende el reconocimiento y prestigio de la compañía.

8.2.1 Perímetros de un vehículo.

Las mediciones realizadas en los vehículos pueden ser desarrolladas por perímetros para seguir un orden lógico y por ende una buena organización de la información. Los perímetros de un vehículo en Sofasa están divididos en (Sofasa Perímetros de un Vehículo, 2010):

- DIESC (Dirección de la Ingeniería de los Equipamientos del Sistema Chasis). Incluye elementos como: suspensiones, trenes, ruedas, dirección, pedaleras, tanque de gasolina, etc. (Figura 12 (a)).
- DIM (Dirección de la Ingeniería Mecánica). Incluye los siguientes elementos. cajas de velocidades, comando de cajas de velocidades, motor, transmisiones y órganos de conexión motor (Figura 12(b)).
- DIEC (Dirección de la Ingeniería de los Equipamientos de Carrocería). Incluye elementos como: manijas interiores, habitáculo interior y sistemas de seguridad, equipamientos exteriores, mecanismos limpiaparabrisas, vidrios, mecanismos para la apertura de cerraduras, eleva vidrios, retrovisor interior y exterior, juntas de estanqueidad, sistemas de seguridad, tablero de bordo, radios, comando de radios, parlantes, entre otros (Figura 12 (c)).
- DIESE (Dirección de la Ingeniería Eléctrica y de los Sistemas Electrónicos). Incluye todo el sistema de cableado eléctrico que alimenta el motor y elementos que involucran electricidad o electrónica para su funcionamiento (Figura 12 (d)).
- DICAP (Dirección de la Ingeniería de la Carrocería Ensamblada y Pintada). Incluye la pintura, protecciones contra el deterioro la cabina, estructura del vehículo y tolerancia en las medidas de la cabina (Figura 12 (e)).
- DIAM (Dirección de la Ingeniería de la Arquitectura y el Montaje). Incluye todas las piezas desmontables (Figura 12 (f)).

Figura 12. Perímetros de un vehículo.



(SOFASA, 2010)

8.2.2 Penalidad de los defectos.

El estándar AVES (Evaluación Estándar Alianza Vehículo), es un acuerdo de evaluación de la calidad de los defectos de los vehículos a kilómetro cero, entre Renault y Nissan; tiene como objetivo evaluar la calidad de un vehículo en el momento de la entrega, detectando el conjunto de los defectos perceptibles por el cliente, por medio de este estándar de evaluación se penalizan todos los defectos encontrados en cualquier área de la compañía, y en base a estos es que se toman medidas de acción dependiendo de la penalidad de un incidente determinado.

La planta penaliza los defectos encontrados en los vehículos según el estándar AVES, el cual tiene un rango entre V1+ y V3 (Tabla 2), siendo este último el de menor penalización; los ruidos también se penalizan bajo este estándar pero teniendo en cuenta algunos criterios específicos que permiten determinar la criticidad de un ruido.

Un defecto puede tener 4 niveles de penalización según los siguientes criterios presentados en la siguiente tabla.

Tabla 2. Penalidad de los defectos según estándar AVES.

Nivel	Definición
V1+	Defecto que impide al cliente usar el vehículo.
V1	Defecto que causa un fuerte descontento del cliente, quien exige su reparación.
V2	Defecto sobre el cual el cliente expresara su insatisfacción en el momento de una encuesta.
V3	Defecto que el cliente detectara pero tolerara.

(SOFASA, 2010)

Información adicional se tiene en cuenta para penalizar el defecto según el estándar AVES, desde el enfoque cliente, como: su manifestación, si exige reparación o no y si el incidente es reportado en encuestas de satisfacción del vehículo.

Tabla 3. Información adicional estándar AVES, desde el enfoque cliente.

NIVEL	Manifestación del cliente	Solicitud de reparación	Percepción	Queja expresada en las encuestas cliente
V1	Queja	Si	Evidente	Por todos los clientes
V2	Descontento	No	Notable	Por la mayor parte de los clientes
V3	Tolerancia	No	Aleatoria	Por una minoría de clientes

(SOFASA, 2010)

Para la detección de los defectos se emplea un método preciso alrededor de tres ejes principales: medios, lista de chequeo (*check-list*) y lugares de evaluaciones (Sofasa Preambulo AVES, 2010).

- Medios: La evaluación de un vehículo es realizada por 2 evaluadores durante 6 horas aproximadamente. Se descompone en dos partes principales: la evaluación estática y la evaluación dinámica.

La evaluación estática: Visual (aspecto pintura, degradaciones, etc.); táctil (como cuando se lava un vehículo, utilizando los equipamientos, etc.) y comprende una prueba de estanquidad al agua.

La evaluación dinámica: Detecta los eventuales defectos de comportamiento, verifica los funcionamientos y evalúa los ruidos que puede generar el vehículo. La prueba dinámica se realiza de acuerdo con las posibilidades, en carretera abierta, o en la pista de pruebas, en las condiciones representativas de una utilización por parte del cliente.

- Lista de chequeo (*Check-list*): El *check-list* de verificación consta de cerca de 500 operaciones de verificación. Utilizado como guía de la evaluación, es seguido por los dos evaluadores; las penalizaciones son validadas en común.
- Lugares de las evaluaciones: Las evaluaciones pueden realizarse indiferentemente, en el exterior con luz natural o en el interior con luz artificial. Para los defectos V1 y V2, de aspecto detectado con luz artificial, el juicio final deberá hacerse con luz natural.

8.3 GRUPO DE RUIDOS

La calidad en las empresas automotrices es un elemento fundamental para obtener la competitividad en su sector y por ende el éxito de la empresa; debido a esto deben buscar estrategias y metodologías que garanticen que cada uno de sus automotores fabricados llegue al cliente final con excelente calidad.

El grupo de ruidos en Renault Sofasa es el encargado de controlar los incidentes acústicos en los vehículos fabricados en la planta y por medio de planes de acción mejorar la calidad acústica de estos. El grupo de ruidos de Renault Sofasa está constituido por tres personas: un ingeniero y dos técnicos; el ingeniero es el director del grupo y se encarga de hacer análisis y planes de acción, los dos técnicos son los encargados de realizar la ruta en la pista de ensayos dinámicos a los vehículos con incidentes de ruidos o vibraciones, que reportan los inspectores de calidad y generar informes para el ingeniero, informando la detección del ruido y su protección cliente o solución definitiva (Lopez, 2010).

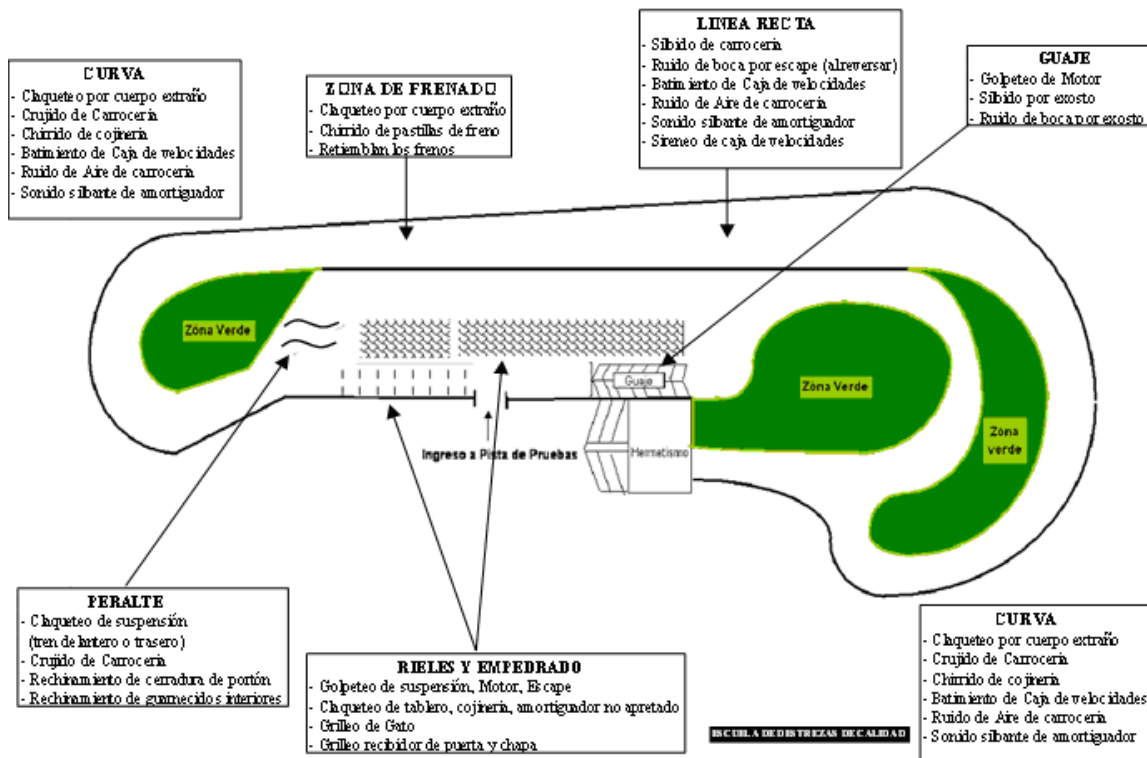
La pista de ensayos dinámicos está compuesta por diferentes zonas, en cada una de las cuales se deben respetar unas condiciones de seguridad bajo estándares establecidos, y en cada una de estas zonas los inspectores de pista detectan diferentes tipos de ruido (GARCIA, 2010).

- Curvas: Se debe circular a una velocidad entre 40 y 50 Km/h, en esta etapa de la pista se detectan ruidos de: dirección, Ruido anormal (desplazamiento de cuerpo extraño) y carrocería.

- Recta (paso de velocidades): Se debe circular a una velocidad de 40 km/h y se detectan ruidos de: motor, caja de velocidades, embrague, Sistema Escape, vidrio móvil.
- Recta (zona de frenado): Se debe circular a una velocidad entre 60 y 80 km/h y se detectan ruidos en las Pastas de freno.
- Peraltes: Se debe circular a 20 Km/h y se detectan ruidos de: suspensión, carrocería y cerradura del portón.
- Rieles: Se debe circular a una velocidad de 20 km/h y se detectan los siguientes ruidos en: amortiguador, escape, Eje, Plancha de bordo.
- Empedrado pequeño: Se debe circular a una velocidad de 20 km/h y se detectan ruidos en el revestimiento interior, cerradura puertas, asientos y columna dirección.
- Rampa freno de mano: Se chequea: Funcionamiento del freno de mano y Ruido anormal (Desplazamiento de cuerpos extraños).

En la Figura 13 se muestra la pista de ensayos dinámicos y los defectos a detectar en la pista según el terreno.

Figura 13. Pista de ensayos dinámicos.



(GARCIA, 2010)

La penalización de los ruidos según es estándar AVES en la pista dinámica, se realiza teniendo en cuenta criterios específicos, de acuerdo a lo que el cliente como usuario final puede percibir en el vehículo.

Tabla 4. Criterios de penalización de los ruidos en la pista dinámica.

Penalidad ruido	Importancia del ruido			Frecuencia		Ubicación	
	Muy molesto	Molesto	Ligeramente molesto*	Permanente**	Intermitente	Adelante	Atrás
V1	X						
V2		X		X		X	
V3			X		X		X

(GARCIA, 2010)

* Se escucha prestando atención.

** Cualquier terreno específico.

A continuación se presentan algunos ejemplos, de incidentes descritos por el cliente en la manera en que el percibe el ruido, además se realiza una penalización total del ruido de acuerdo al estándar de penalización de los defectos según AVES (Tabla 2), teniendo en cuenta los criterios de penalización en la pista de ensayos dinámicos (Figura 13).

Para calcular el total de penalidad del defecto existen las siguientes condiciones:

- Cuando hay aunque sea un solo V1, el resultado es V1.
- Cuando todos los criterios sean V2, el resultado es V1.
- Cuando todos los criterios sean V3, el resultado es V3.
- Predomina la cantidad mayor, es decir, si existen dos V2 y un V3, el resultado es V2 y si existen dos V3 y un V2, el resultado es V3.

El plan de vigilancia acústico no penaliza los defectos, pero es importante conocer esta forma de evaluación de los ruidos, debido a que el plan de vigilancia debe enfatizarse en la eliminación de los ruidos escuchados al interior de la cabina.

El área de acotación se encarga de revisar diariamente de manera aleatoria cierta cantidad de vehículos, y se dedica únicamente a encontrarle defectos por gran cantidad de tiempo a un solo vehículo, con el fin de mejorar la calidad de la marca (Lopez, 2010).

Ejemplo 1. Ruido molesto e intermitente en el tablero de bordo.

	Importancia del ruido	Frecuencia	Ubicación	Total
Penalización	V2	V3	V2	V2

Teniendo en cuenta la Tabla 4: molesto es V2, intermitente V3 y ubicado en el tablero de bordo (parte delantera vehículo) V2, predomina V2 por lo tanto el resultado es V2.

Ejemplo 2. Ruido ligeramente molesto y permanente en el baúl.

	Importancia del ruido	Frecuencia	Ubicación	Total
Penalización	V3	V2	V3	V3

Teniendo en cuenta la Tabla 4: ligeramente molesto es V3, permanente V2 y ubicado en el baul (parte trasera vehículo) V2, predomina V3 por lo tanto el resultado es V3.

Ejemplo 3. Ruido muy molesto e intermitente en la suspensión trasera.

	Importancia del ruido	Frecuencia	Ubicación	Total
Penalización	V1	V3	V3	V1

Teniendo en cuenta la Tabla 4: muy molesto es V1, intermitente V3 y ubicado en suspension trasera (parte trasera vehículo) V3, predomina V3, pero cuando exista aunque sea un V1 el resultado siempre sera V1.

Ejemplo 4. Ruido molesto y permanente en llanta delantera izquierda.

	Importancia del ruido	Frecuencia	Ubicación	Total
Penalización	V2	V2	V2	V1

Teniendo en cuenta la Tabla 4: molesto es V2, permanente V2 y ubicado en llanta delantera izquierda (parte delantera vehículo) V2, todos los resultados son V2 y cuando existan mas de dos V2 el resultado final sera un V1.

Ejemplo 5. Ruido ligeramente molesto e intermitente en baúl.

	Importancia del ruido	Frecuencia	Ubicación	Total
Penalización	V3	V3	V3	V1

Teniendo en cuenta la Tabla 4: ligeramente molesto es V3, intermitente V3 y ubicado en baul (parte trasera vehículo) V3, todos los resultados son V3 y cuando existan mas de dos V3 el resultado final sera un V3, debido a que estos no son defectos significativos.

9 PLAN DE VIGILANCIA ACÚSTICO

El plan de vigilancia acústico es el sistema por medio de la cual se garantiza la calidad acústica al interior de la cabina de un vehículo, por medio de herramientas especializadas.

9.1 PLANES DE VIGILANCIA EN RENAULT SOFASA

En Renault Sofasa cada área tiene establecido un plan de vigilancia para cada uno de sus procesos, los planes de vigilancia se encargan de vigilar los parámetros de una actividad determinada. El objetivo de estos planes es tener los procedimientos bajo control para que en caso de presentarse un incidente por fuera de los límites permitidos (establecidos por cada área), se puedan tomar acciones preventivas y no correctivas.

Cada plan de vigilancia tiene una frecuencia establecida para realizar mediciones al proceso y determinar qué tan eficiente o de qué tan buena calidad es el proceso que se está vigilando.

Los planes de vigilancia son documentados por medio de un sistema Renault llamado SIMAP, el cual grafica los datos tomados por un operario en una carta de control y genera alertas de cuando un valor puede estar cerca de desviarse del límite permitido (Lopez, 2010).

9.1.1 Fichas FOP y FOS de un proceso de Renault Sofasa.

En Renault Sofasa, cada procedimiento debe estar documentado en una Ficha de Operación Estándar (FOS), la cual especifica el cómo se debe hacer, e igualmente en una Ficha de Operación Proceso (FOP) la cual especifica el que se debe hacer. En estos documentos se describen las herramientas a utilizar, tiempo, operarios, puntos de control (o puntos clave) y todo lo que se considere necesario para garantizar que el procedimiento a realizar no presente variaciones.

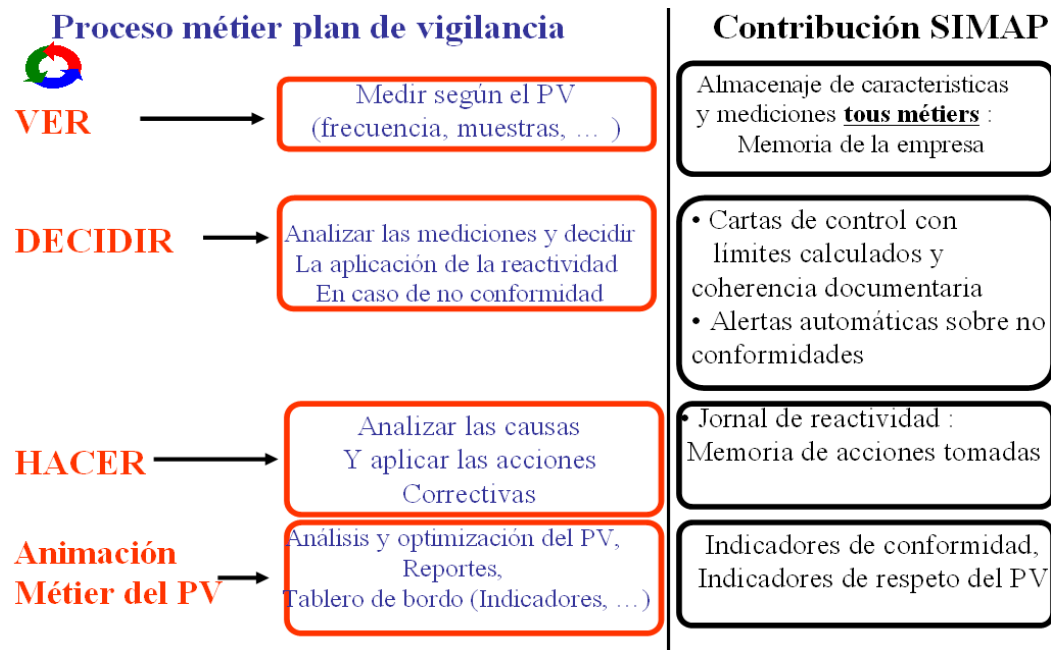
En el Anexo C se encuentra un ejemplo de una FOP y una FOS de un procedimiento de una área diferente a Calidad de Renault Sofasa.

9.1.2 Aplicación SIMAP.

SIMAP es el programa que utiliza Renault en todas sus ensambladoras para realizar el seguimiento a los planes de vigilancia, el cual consiste en tomar tres mediciones por cada punto a controlar, posteriormente ingresarlos al sistema y finalmente las cartas de control son generadas automáticamente por el programa.

En la Figura 14 se muestra el procedimiento de los planes de vigilancia y para cada proceso la contribución que se obtiene al usar el SIMAP.

Figura 14. Proceso del plan de vigilancia y la contribución de SIMAP.



(CONFORMIT, 2007)

Por medio de la utilización del sistema en los planes de vigilancia es posible obtener:

- Un sistema de información estándar de RENAULT para pilotear los Planes de Vigilancia.
- Acceso fácil para la consulta de información sobre cualquier PC.
- Una herramienta multi-lingüística.
- Automatización de la adquisición y del almacenamiento de datos.
- Vínculo automático con algunos medios de medición, sistema documental (GEOM) y EXCEL.
- Reducción de riesgos en la carga de datos.
- Tratamientos estandar.
- Archivado rápido de los datos de mediciones.
- Una base de capitalización que es la memoria del saber hacer (*Know How*) de la empresa (MAITRISE D'OUVRAGE SIMAP, 2007).

La aplicación SIMAP permite además:

- Guardar los datos de mediciones.

- Guardar y capitalizar los valores.
- Observar las desviaciones.
- Aplicar y guardar la reactividad.
- Asociar los efectos clientes ligados a la desviación de un proceso.
- Tener indicadores del plan de vigilancia (MAITRISE D'OUVRAGE SIMAP, 2007).

9.2 PLANES DE VIGILANCIA ACÚSTICOS

Los planes de vigilancia acústicos son una exigencia de Renault para todas sus ensambladoras, ya que la calidad acústica de los vehículos Renault, es parte fundamental del prestigio de la marca.

Francia ya tiene implementado el plan de vigilancia acústico, en esta planta tienen diversos equipos de alta tecnología y el grupo de trabajo cuenta con muchas personas, lo anterior debido a que es una planta de gran tamaño y produce un alto volumen de vehículos y el plan de vigilancia acústico ya había sido implementado desde años anteriores.

Argentina está en proceso de implementación, tienen menor cantidad de equipos, más económicos y más sencillos que los del plan de vigilancia de Francia. Ambas plantas tienen la FOP y FOS del plan de vigilancia acústico, sala acústica totalmente insonorizada y sus flujos ya establecidos.

La planta de Renault Brasil tiene gran avance en la implementación del plan de vigilancia. Las demás ensambladoras Renault en países como Rumania, Rusia, Eslovenia, entre otras, están en proceso de implementación.

Renault tiene creadas las FOP para el plan de vigilancia acústico, cada planta de acuerdo a sus necesidades y recursos crea las FOS de sus procesos, con el fin de estandarizarlos.

El plan de vigilancia de la planta de Brasil y de Medellín-Colombia, serán similares ya que cuentan con los mismos equipos y los procedimientos son similares, por lo tanto como Brasil comenzó con la implementación del plan de vigilancia con anterioridad a Sofasa, sus procedimientos serán una base sobre la cual será construido el plan de vigilancia acústico en Renault Sofasa (Lopez, 2010).

10 EQUIPOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE VIGILANCIA ACÚSTICO

El plan de vigilancia acústico de las ensambladoras Renault debe contar con un equipo de ultrasonido ya validado por Renault Francia, el cual es un equipo de ultrasonido del fabricante SDT, ya que este cuenta con los requerimientos necesarios para la implementación del plan de vigilancia acústico. El equipo de ultrasonido SDT, fue utilizado en los planes de vigilancia en su versión antigua (SDT 150) y actualmente se utiliza este mismo en su última versión (SDT 170). SDT está reconocida como líder mundial en la creación y suministro de instrumentos de ultrasonidos para la detección de fugas, test de estanqueidad, control de calidad y mantenimiento predictivo.

Renault Sofasa cuenta con el equipo SDT 150, el cual fue donado por el plan de vigilancia acústico de una ensambladora Renault, la cual adquirió el equipo en su última versión (SDT 170). De igual modo se tiene la opción de comprar este equipo en su última versión, la decisión de que equipo utilizar está sujeta a condiciones de funcionalidad de ambos equipos y al presupuesto que tenga la compañía para adquirir un equipo nuevo.

Figura 15. Equipo de Ultrasonido SDT 150.



La siguiente tabla presenta un estudio comparativo técnico de diferentes equipos apropiados para realizar la implementación de los planes de vigilancia acústicos. Los equipos comparados son los siguientes:

- SDT 170S+ E8FLUS: Es un kit que trae el sensor flexible, el sensor de precisión y el generador de señal ultrasónica SDT 8 (más grande que el bisonico que se tiene actualmente del SDT 150).

- SDT 170S+: Es el colector ultrasónico sin ningún accesorio adicional. Con este colector se puede ver en pantalla el valor numérico de la intensidad en dBuV (decibel micro voltio).
- SDT 270SB: Es al igual que el SDT 170S+ más un colector (más sensible que el 170S+).
- SDT 150: Es un equipo que ya no se comercializa desde hace más de 10 años y no hay accesorios en stock para él. La calibración del equipo tiene una duración de 2 años.

Tabla 5. Cuadro comparativo posibles equipos a utilizar para el plan de vigilancia acústico en Renault Sofasa.

ACCESORIOS	SDT 150	SDT 170S+ (Gus)	(IICoI) - Nuevo	SDT 170S+ (IICoI) - Usado	SDT 170S+ (Sebastian)	SDT 270SB (Gus)	SDT 270SB (Sebastian)	SDT 170S+ E8FLUS (Gus)	SDT 170S+ E8FLUS (IICoI)
Detector Digital Ultrasónico	X	X	X	X	X		X	X	X
Bateria	X	X	X	X	X		X	X	X
Auriculares	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cargador	X	X	X	X	X		X	X	X
Correa para cargar		X	X	X				X	X
Cable RS232 para conexión a PC	X	X	X	X				X	X
Sensor de Distancia Ampliado		X				X			
Sensor Flexible 21" w/cable (21"/55cm)	X	X	X	X	COMPRAR	X	COMPRAR	X	X
Indicador de precision Unidad de Lectura Estática		X	X	X				X	X
Tipo de Cable USB A-B5 Mini					X	X	X		
Transmisor (emisor) 8 - Z (8 salidas)		X	X	X	X	X	X	X	X
Transmisor (emisor) 1 - Z (1 salidas)	X		X	X					
Tubo de localización que hay que atornillar sobre el receptor					X		X		
Probeta de Contacto	X								
Sensor magnetico	X								
Costo equipo		4.990,00 USD	\$ 16.920,000	\$ 12.650,000	EUR 3.769,00	5.860,00 USD	EUR 3.600,00	7.700,00 USD	\$ 17.975,000
Costo equipo USD		USD 4.990,00	USD 8.930,65	USD 6.676,87	USD 5.043,86	USD 5.860,00	USD 4.817,70	USD 7.700,00	USD 9.487,49260
Costo Sensor flexible					USD 508,54			USD 508,54	
Costo Transmisor 8-		USD 2.250,00	USD 3.061,33	USD 3.061,33	USD 2.007,38	USD 2.250,00	USD 2.007,38		
Costo calibracion	USD 595								
Costo seguro	USD 500								
Costo envio	USD 119,56	USD 119,56			USD 164,19	USD 119,56	USD 164,19	USD 119,56	
Costo		USD 515,17			USD 540,68	USD 576,07	USD 524,85	USD 547,37	
Costo Total	USD 1.214,56	USD 7.874,73	USD 11.991,98	USD 9.738,21	USD 8.264,64	USD 8.805,63	USD 8.022,65	USD 8.366,93	USD 9.487,49

Notas:

- Para realizar las mediciones se necesita el sensor flexible (21"/55cm), Algunas de las opciones lo traen, las que no se debe comprar por aparte.
- El generador de señal bisonico que se tiene en este momento, es adaptable a cualquiera de las versiones. En caso de necesitar uno de 8 salidas se debe comprar por aparte o comprar el SDT 170S+E8FLUS que viene con él.
- Los sensores del equipo SDT 150 no son adaptables a las otras versiones debido a que tienen un tipo de conexión diferente.

Luego de realizar este estudio de las posibles opciones que se tenían del equipo a utilizar, ya fuera del equipo en su versión antigua (SDT 150), o de posibles equipos a comprar en sus últimas

versiones (SDT 170 ó SDT 270), se determinaron aquellas opciones viables económicamente y posteriormente se realizó un paralelo entre costo y funcionalidad.

El SDT 150 (versión antigua), es un equipo que salió del mercado hace aproximadamente diez años y no cuenta con la capacidad requerida por el plan de vigilancia acústico, ya que no tiene algunos sensores que son necesarios para realizar las mediciones en la cabina y esta referencia no se encuentra en el mercado, además es un equipo que ha perdido su calibración y debido a su antigüedad la única empresa que presta el servicio de calibración se encuentra ubicada en Canadá.

La calibración del equipo tiene un alto costo y además un alto riesgo, ya que como es un equipo antiguo y actualmente no existen repuestos o piezas suplementarias, por lo tanto, en caso de enviar el equipo hasta Canadá y este tenga algún componente en mal estado, no se podría reemplazar, perdiendo de este modo la inversión realizada en la calibración y no tener el equipo en condiciones adecuadas para ser usado.

El SDT 170, es el equipo que sustituyó al SDT 150, y es el utilizado actualmente en los planes de vigilancia acústicos por las ensambladoras Renault. Este equipo es más sensible que el SDT 150 y tiene la opción de adaptar sensores empleados para diferentes usos.

El SDT 270 es el mismo que el SDT 170 más un colector y además es más sensible, pero tiene mayor costo que el SDT 170.

Debido a las razones expuestas anteriormente se tomó la decisión de comprar el equipo en su última versión SDT 170+, ya que según el cuadro comparativo realizado con las diferentes opciones del equipo (Tabla 5), esta opción es la más viable económicamente, sin tener en cuenta el SDT 150 (opción más económica pero la menos adecuada funcionalmente), y además el SDT 170+ cuenta con los requerimientos exigidos para realizar las mediciones del plan de vigilancia acústico.

El SDT 170 ofrece a los usuarios industriales una de las más potentes, precisas y flexibles soluciones para la comprobación de todo tipo de estanqueidad, detección de fugas y mantenimiento predictivo. Es multifuncional, capaz de medir diferentes parámetros físicos (ultrasonidos, ruido audible, temperatura, rpm, flujo y otros). El SDT 170 genera ahorro económico. El uso regular del SDT 170 permite una eficiente planificación de los tiempos de parada de las máquinas, lo que conduce a una mayor productividad. La capacidad de indicar con precisión los puntos de fugas conduce también a significantes ahorros de energía que pueden ser de hasta el 30%.

Es un equipo portátil, controlado por un teclado de ocho unidades. El display de pantalla líquida de 3cm x 6 cm está protegido por un cristal de Borosilicato, permitiendo visualizar los parámetros necesarios para su uso en 8 idiomas diferentes. Reconoce automáticamente los sensores en el momento de su conexión conectándose a continuación con los parámetros adecuados necesarios

para proceder a la medida deseada. El SDT 170 procesa, registra y distribuye los datos digitalmente (SDT NORTH AMERICA, s.f.).

Figura 16. Equipo de Ultrasonido SDT 170+.



(ULTRASONICS, s.f.)

Tabla 6. Características técnicas SDT 170.

Característica	Valor
Función	Detector multifuncional
Pantalla	Temperatura extendida, gráfico alto contraste LCD
Tablero	Teclado de 8 funciones
Rango de medida	-10 dB μ V a +120 dB μ V
Precisión	\pm 0,5 dB μ V
Resolución	0,1 dB μ V
Nivel de ruido	-5 dB μ V característico
Anchura de banda	(-3dB) 2 kHz
Batería	<ul style="list-style-type: none"> • NiMH recargable (Hidrato de níquel metal). • Autonomía de 8 a 10 horas sin iluminación posterior. • Tiempo de carga: 5-6 horas. • Capacidad nominal: 1,5 Ah. • Periodo de vida: 500 a 1.000 ciclos de carga y descarga. • Solamente recargable con cargador original.
Desconectado automático	Se desconecta automáticamente una vez transcurrido el tiempo programado.
Temperatura operación	-15°C a +60°C (5°F a 140°F)
Carcasa	Aluminio extruido
Peso	750g (con batería y funda incluidos)
Dimensiones	225 x 90 x 40 mm
Funda	Caucho resistente a hidrocarburos (Fluorsilicona)

(ULTRASONICS, s.f.)

En el Anexo E se encuentra el brochure del equipo SDT 170+. En el Anexo F se encuentra el manual del equipo SDT 170+.

Los equipos SDT son equipos de medición de ultrasonido, por lo cual para realizar las pruebas requeridas por el plan de vigilancia acústico es necesario tener en cuenta la norma SNT-TC-1A, de la Asociación Americana de Ultrasonido (ASNT), es la norma que se refiere a la certificación de las personas que realizan pruebas no destructivas.

Además deben ser tenidos en cuenta los conceptos básicos de ultrasonido definidos en el Capítulo 7, para que los operarios que realicen la prueba tengan presentes que están realizando una prueba de ultrasonido y todo lo que esta involucra; es necesario además tener claridad en las diferencias que existen entre sonido y ultrasonido (Capítulos 3 y 7).

11 PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN PLAN DE VIGILANCIA ACÚSTICO EN RENAULT SOFASA

El plan de vigilancia acústico es la herramienta por medio de la cual Renault Sofasa garantizara que todos los vehículos fabricados en la planta sean insonorizados, de tal modo que al estar al interior del vehículo se tenga la sensación de estar apagado.

11.1 DEFINICIONES

A continuación se presentan una serie de definiciones que se deben conocer para entender en qué consiste el plan de vigilancia acústico.

- Plan de vigilancia acústico: Sistema por medio del cual se lleva control de la calidad acústica de los vehículos en diferentes zonas, por medio de mediciones con una frecuencia establecida; cuando una medición este por fuera de la especificación, se realizan análisis y planes de acción. “El plan de vigilancia acústico debe vigilar, para planear y no corregir”.
- No Transparencia acústica: Calidad de los vehículos, la cual consiste en el aislamiento de la cabina de todo ruido interior y exterior que se puedan generar en el entorno de un vehículo, es decir al interior de la cabina de un vehículo se debe tener la impresión de que el vehiculo está apagado (no se genere ningún ruido ni vibración). En síntesis la no transparencia acústica significa no dejar pasar o filtrar el ruido hacia el interior de la cabina, a través de las uniones o puntos de estanqueidad en el vehículo como: empaques de puertas, capo, portillon entre otras, que permiten filtrar el ruido hacia el interior de la cabina.
- Gamas de medición: Consiste en determinar cómo se realizará el proceso de medición, es decir, con que equipos, frecuencia de las mediciones, registro de datos, carta de control y por ultimo conducto regular a seguir en caso de encontrar una medida por fuera de lo especificado, caso en el cuál se designan los incidentes encontrados al responsable, para su respectivo análisis.
- FOP Y FOS: La Ficha de Operación Proceso (FOP) especifica el que hacer, la Ficha de Operación Estándar (FOS) especifica el cómo se debe hacer. Las dos fichas se realizan con el fin de determinar exactamente qué actividades hay que realizar y como se deben llevar a cabo y que no tengan variación si son realizadas por diferentes personas, además se crean con el fin de estandarizar los procedimientos.
- Zonas de medición en el vehículo: Los vehículos están divididos por zonas o perímetros de medición, para facilitar su análisis y tener control específico por cada zona.

- SIMAP: Sistema interno de Renault en el cual se realiza el seguimiento a los planes de vigilancia existentes en las ensambladoras de vehículos Renault.
- Gráficos de control o cartas de control: La variación ocurre en todos los procesos, ya sean fenómenos naturales o invenciones humanas. Se dan dos clases de variación, la variación aleatoria (que es natural en el proceso tal y como se desarrolla habitualmente) y la no aleatoria (resultado de una causa atribuible específica). La primera es predecible (proceso bajo control), sin embargo la segunda hace que el proceso se encuentre fuera de control. Un gráfico de control presenta la variación total en un proceso (aleatoria y no aleatoria) y se utiliza para monitorizar un proceso y mantenerlo dentro de su capacidad operativa, es decir, bajo control.

11.2 PLAN DE VIGILANCIA ACÚSTICO EN RENAULT SOFASA

El plan de vigilancia acústico, permite tener un control sobre el ruido percibido al interior de cada vehículo fabricado en la planta, por medio de mediciones realizadas con equipos especializados, en una frecuencia determinada, por medio de este se generan planes de acción dependiendo del resultado de dichas mediciones y es además una herramienta de análisis para tratar los incidentes encontrados. Por medio de este plan es posible garantizar que las cabinas están dentro de los parámetros requeridos, realizar análisis y mejoras en el proceso productivo.

El objetivo del plan vigilancia acústico es tener un soporte estructurado, por medio del cual se puedan detectar inconformidades a tiempo, y de este modo realizar acciones preventivas y no correctivas; realizar mejoras en la acústica de los vehículos Renault y por consiguiente lograr un mejor nivel de calidad.

En el marco del tratamiento de los problemas del cliente, frecuentemente se tienen problemas acústicos, para los cuales la única información disponible para caracterizar el efecto cliente es la descripción que el mismo hace del defecto, pero sin tener conocimiento pleno, por lo tanto esta información puede ser totalmente errada, es decir el cliente percibe un ruido en la parte trasera del vehículo, pero realmente el ruido proviene del motor pero se trasmite a través de la estructura y el cliente lo escucha en la parte trasera, este tipo de situaciones desvían el análisis del ruido y se toma más tiempo en determinar realmente el origen del problema . Por medio de un registro acústico se puede determinar rápidamente si se trata de un ruido conocido o desconocido, e igualmente interpretar adecuadamente un efecto en el cliente, para orientar el diagnóstico a través de operaciones de tratamiento de la señal.

El plan de vigilancia acústico permite interactuar con las diferentes ensambladoras y de este modo tratar los incidentes conjuntamente, es decir como son vehículos de la misma marca es muy probable que un ruido sea común entre estos y en el momento de Sofasa detectar un ruido pueda

recorrir a los otros planes de vigilancia ya establecidos para mirar si este incidente ya es conocido y ya ha sido tratado en otras ensambladoras Renault, obteniendo de esta manera gran reducción de tiempo de análisis y facilidad para ser solucionado.

El plan de vigilancia permite realizar análisis completos de los incidentes encontrados, tomar las medidas necesarias en la planta para que este no se repita y determinar con certeza qué cantidad de ruido se filtra a través de la estructura de los vehículos Renault y por ende que cantidad de ruido está pasando al interior de la cabina (FRUGIER, 2007).

En la Figura 17 se esquematiza el plan de vigilancia acústico, el cual consiste en vigilar el ruido que se filtra al interior de la cabina de un vehículo, esta vigilancia se realiza por medio de gamas de medición con una frecuencia establecida, realizadas con equipos especializados y dependiendo del resultado de las mediciones se toman planes de acción preventivos con el fin de mejorar la calidad acústica al interior de las cabinas fabricadas en la planta.

Figura 17. Esquema Plan de vigilancia acústico.



A continuación se describen algunos elementos del plan de vigilancia acústico:

- **Equipos:** El plan de vigilancia acústico requiere de equipos especializados, por medio de los cuales se pueda detectar el grado de insonorización al interior de las cabinas, además precisión en las medidas, ya que por medio de estas se garantizara la no transparencia acústica en las cabinas fabricadas en la planta Renault Sofasa.

El equipo a utilizar para el plan de vigilancia de Renault Sofasa será el SDT 170+, seleccionado en el Capítulo 10, este equipo es el utilizado en los planes de vigilancia de otras ensambladoras Renault.

Inicialmente el grupo de ruidos, que será el encargado del plan de vigilancia acústico, realizara mediciones periódicas con el equipo, a medida que aumente la producción en la planta e incrementen los diferentes modelos para realizar la prueba de ultrasonido, será necesario obtener otro equipo SDT 170+, para abarcar todos los modelos y garantizar la no transparencia acústica al interior de las cabinas fabricadas en la planta.

- Fichas de operación proceso plan de vigilancia acústico: El objetivo de las fichas de operación proceso del plan de vigilancia acústico es documentar el que hacer de cada procedimiento, con el fin de crear un estándar y en caso tal de que varié el operario que normalmente realiza las operaciones del plan de vigilancia acústica, otro operario realice exactamente el mismo procedimiento sin presentar variación en los procedimientos, de igual modo en Renault todos los procesos deben estar documentados y validados en el sistema interno.

Las plantas Renault tienen implementadas las fichas de operación proceso del plan de vigilancia acústico, para Renault Sofasa estas FOP's fueron adaptadas a los procedimientos internos de la planta, existen algunas FOP's que no aplican a Renault Sofasa, es decir, por ejemplo la FOP del plan de vigilancia acústico para motores, no se aplicara, debido a que estos no se fabrican en la compañía.

Los procesos de fabricación de la empresa son adaptados igualmente a las FOP's, las cuales son básicamente las mismas en las diferentes ensambladoras Renault, ya que los procedimientos que se deben implementar en el plan de vigilancia deben de ser muy similares. La diferencia que existe en los procedimientos de registro de datos en las FOP's entre Renault Sofasa y las demás ensambladoras es que estas ya utilizan SIMAP, a diferencia de Sofasa que en este momento está en proceso de capacitaciones del sistema.

En el Anexo G se encuentran las FOP's del plan de vigilancia acústico utilizadas en otras ensambladoras Renault. En el Anexo H se encuentran las FOP's del plan de vigilancia acústico a utilizar en Renault Sofasa.

- Fichas de operación proceso A del plan de vigilancia acústico: Las fichas de operación proceso (FOP's A), son aquellas fichas en donde se explica detalladamente donde se deben realizar las mediciones, puntos específicos, cantidad de mediciones por cada punto, donde se deben registrar dichas mediciones y cuál es el límite permitido en decibeles para determinada zona de medición.

Para cada zona de medición existe un formato en el cual se registran las mediciones manualmente y posteriormente se ingresan los datos registrados en SIMAP para generar las cartas de control del plan de vigilancia acústico e igualmente alertas en caso de que un electo de control este cerca de desviarse de lo especificado.

En el Anexo I se encuentran las FOP's A del plan de vigilancia acústico, donde se especifican los puntos de medición en el vehículo. En el Anexo J se encuentran las FOP's A del plan de vigilancia acústico, donde se especifica la ubicación del equipo de ultrasonido dentro del vehiculó para la realización de las mediciones.

■ Fichas de operación estándar: Las fichas de operación Estándar serán adaptadas teniendo en cuenta las de la planta de Renault Brasil, ya que los procesos de ambas plantas son muy similares y solo sería necesario la modificación específica de algunos ítems, como por ejemplo la vigilancia acústica en los motores, la cual en Renault Sofasa no es llevada a cabo por ser una pieza importada desde otra planta Renault, que con anterioridad debió pasar por el plan de vigilancia acústico.

■ Esquema de las gamas de medición: Los datos serán tomados manualmente por el operario en una tabla para posteriormente ingresarlos al sistema Renault.

El registro de los datos tomados en el plan de vigilancia acústico, se llevara a cabo en un programa de Renault llamado SIMAP (es el indicado en las FOP's del plan de vigilancia acústico), el cual grafica los datos tomados en una carta de control; por cada zona de medición del vehículo se graficara una carta de control independiente, es decir por ejemplo existirá una carta de control para: el parabrisas, puerta delantera izquierda, vidrio delantero izquierdo y así sucesivamente por cada zona que se realice la medición.

Para cada tipo de vehículo existirá un formato en donde se registraran los datos por cada zona medida. Para cada zona a medir en el vehículo, existe una FOP A, en la cual se especifican los puntos de medición, o de ubicación de los sensores y los límites máximos que se permiten en decibeles. Los perímetros a medir en el vehiculó serán: Parabrisas, Rejilla alero, Puerta delantera izquierda, Vidrio delantero izquierdo, Puerta delantera derecha, Vidrio delantero derecho, Puerta trasera izquierda, Vidrio trasero izquierdo, Puerta trasera derecha, Vidrio trasero derecho, Portillon, Vidrio luneta, Cable monobloc, Columna dirección, Junta cable apertura capot, Junta cable de embrague y Junta tubos calefacción.

Por cada zona a medir en el vehículo, en las FOP's A (Anexo I) se encuentra la ubicación de los sensores y el formato a utilizar para registrar las mediciones manualmente.

SIMAP necesita tener mínimo tres datos por cada punto de medición para que este genere automáticamente la carta de control y las alertas en caso de presentarse.

Para cada tipo de vehículo existe un formato de las fichas de transparencia acústica. Es necesario aclarar que la prueba de ultrasonido del plan de vigilancia acústico se realizara únicamente a los vehículos fabricados en la planta y no a los importados, ya que estos últimos debieron pasar por el plan de vigilancia acústico en la planta donde fueron ensamblados.

En la Figura 18, se muestra el formato donde se registrarán los datos manualmente por el operario, con los requerimientos mínimos a diligenciar para posteriormente ser ingresados en SIMAP.


Figura 18. Formato registro de datos en las fichas de transparencia acústica.

FICHAS TRANSPARENCIA ACUSTICA L90 (LOGAN)

FECHA:
N° CABINA:

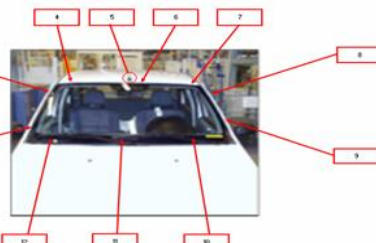
REJILLA ALERO (CAJA DE AGUAS)

PUNTO	ESPECIFICACIÓN	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA 3
1				
2				
3	Limite 41 dB			



PARABRISAS

PUNTO	ESPECIFICACIÓN	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA 3
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14	Limite 31 dB			



En el Anexo K se muestra el formato utilizado por Renault Sofasa para el registro de las mediciones de transparencia acústica.

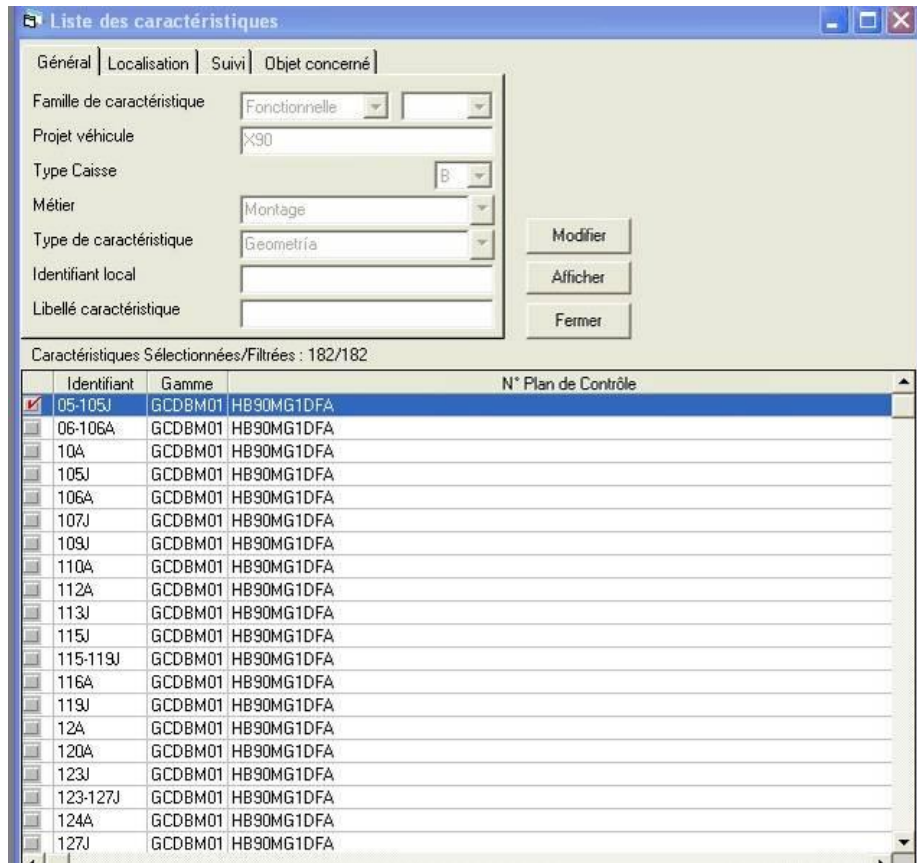
- ☞ Ingreso de datos en SIMAP: Renault Brasil, quien ya tiene implementado el plan de vigilancia acústico, realiza las cartas de control en SIMAP y este procedimiento está establecido en las fichas de operación proceso.

Calidad fabricación tiene una persona capacitada en SIMAP y es la encargada de los planes de vigilancia de calidad en todo el proceso de fabricación, dicha persona será la encargada de capacitar al personal del grupo de ruidos en la utilización del sistema en el momento que

llegue el equipo a la planta y de este modo se puedan realizar mediciones, tomar datos, aprenderlos a registrar en el sistema y posteriormente aprender a interpretar las cartas de control.

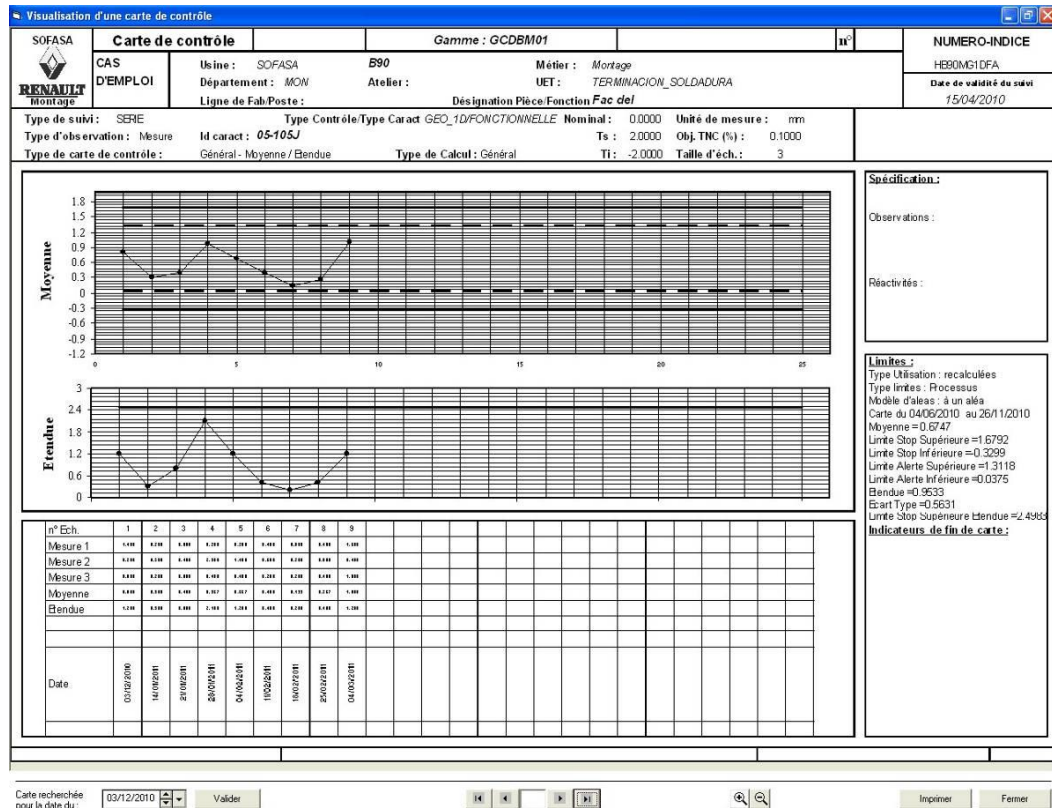
En la Figura 19, se muestra la ventana de SIMAP en la cual se realiza el ingreso de los datos al sistema.

Figura 19. Ejemplo Ingreso de datos en SIMAP.




En la Figura 20, se muestra la ventana que arroja SIMAP, con la carta de control, creada automáticamente por el sistema luego de ingresar los datos de las mediciones realizadas.

Figura 20. Ejemplo carta de control en SIMAP.



En el Anexo D se encuentra la presentación del sistema SIMAP, la cual incluye definiciones básicas y forma de usarlo. Dicha capacitación será dictada por el responsable de calidad fabricación.

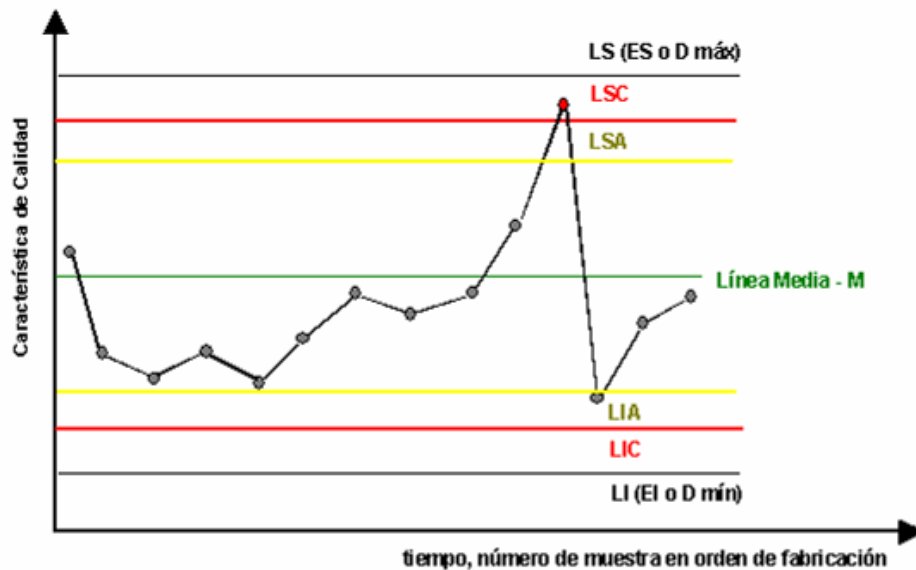
- 
Cómo interpretar un gráfico de control: Los gráficos de control permiten identificar variaciones no aleatorias. Una variación no aleatoria se indica normalmente con un punto del gráfico que queda fuera de los límites del control. No obstante, otras situaciones también pueden indicar un estado no aleatorio o fuera de control: cambios repentinos del nivel medio, tendencias del nivel u oscilaciones alternadas muy amplias. Cuando se presenta un hecho no aleatorio, fuera de control, los responsables del proceso deben encontrar una causa atribuible, respondiendo a la pregunta: ¿qué ha cambiado en el proceso para producir este hecho?

En la Figura 21, se muestra un ejemplo de una carta de control o grafico de control el cual se construye por medio de: LSA (Límite Superior Aceptable), LSC (Límite Superior de Control), LS (Límite Superior), LIA (Límite Inferior Aceptable), LIC (Límite Inferior de Control) y finalmente LI (Límite Inferior).

El seguimiento del plan de vigilancia acústico se lleva a cabo por medio de estos límites y se generan alertas cuando una medida este por fuera de los límites de control, ya que esto quiere decir que algún elemento de las mediciones presenta una variación no aleatoria o que se encuentra por fuera de control.

Las alertas son generadas con el fin de asignar un responsable que se encargue de realizar planes de acción para garantizar que todos los elementos estén dentro de las especificaciones dadas por la planta.

Figura 21. Ejemplo carta de control.

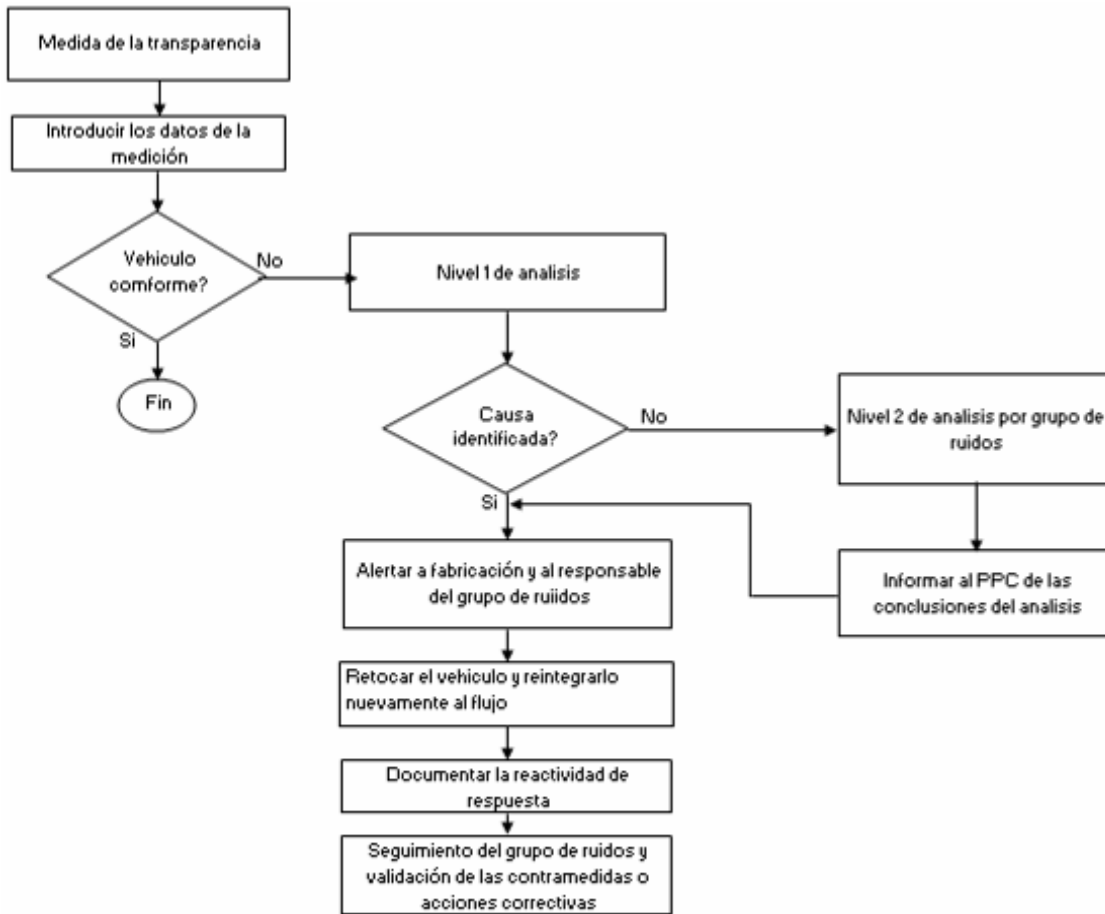


Esquema de reactividad: El esquema de reactividad del plan de vigilancia acústico en la planta de Renault Sofasa será:

Primero se mide la transparencia de la zona involucrada, se registran los datos en el formato para realizar las mediciones manualmente, se Introducen los datos de la medición en SIMAP, el cual genera las cartas de control por cada zona medida del vehículo, si existe alguna zona no conforme, o alguna medida se encuentra por fuera de los límites de control, se realiza un análisis de nivel 1, si en este análisis es identificada la causa, se alerta a fabricación y al responsable del grupo de ruidos, posteriormente se retoca o recupera el vehículo, si es posible y se reintegra nuevamente al flujo, se documenta la reactividad de la respuesta, se realiza seguimiento del grupo de ruidos y se validan las contramedidas o acciones correctivas. En caso de que en el análisis de nivel 1 no sea identificada la causa, se lleva a un análisis de nivel 2 por el grupo de ruidos y se le debe informar al PPC (piloto prestación cliente, experto en el tema) para que el analice el incidente y tome una decisión.

En la Figura 22, se presenta el diagrama de flujo del proceso de reactividad en el plan de vigilancia acústico para Renault Sofasa.

Figura 22. Esquema proceso de reactividad.



Documentación técnica del equipo y capacitación al personal. Las especificaciones y características del equipo a utilizar, se encuentra en el Anexo E, con el fin de que en el momento que llegue el equipo a Colombia y se implemente físicamente el plan de vigilancia acústico se facilite la capacitación del personal.

En esta documentación o manual técnico del usuario están descritos los componentes del equipo, características técnicas, modo de empleo, precauciones a tener en cuenta, frecuencia de calibración y todos los aspectos necesarios para que el operario que realice las mediciones tenga pleno conocimiento del equipo que está utilizando.

Con el fin de capacitar al personal del grupo de ruidos de Renault Sofasa, se brindó una capacitación de los aspectos generales de ultrasonido, esta capacitación fue dictada por Juan Fernando Mesa, de la empresa Ultrasonido Propagado, en las instalaciones de Renault Sofasa el día jueves 24 de Marzo de 2011, de 12:15 a 1:15 de la tarde; por medio de esta

charla el personal del grupo de ruidos, que será el encargado del plan de vigilancia acústico, obtuvo un conocimiento base en ultrasonido, los cuidados y requerimientos que se necesitan para realizar mediciones de ultrasonido.

En el Anexo L, se encuentra la presentación de la charla dictada por Juan Fernando Mesa al personal de Sofasa sobre ultrasonido.

De igual modo debido a que el registro de datos se debe llevar a cabo en SIMAP, en el momento en que llegue el equipo a la planta Vanessa Díaz, responsable de los planes de vigilancia de Calidad Fabricación de Renault Sofasa, brindara una capacitación a los integrantes del grupo de ruido en SIMAP, para que estén en capacidad de utilizar el sistema y por lo tanto de llevar el seguimiento del plan de vigilancia acústico (Anexo D).

En el Anexo F se encuentra el manual técnico del equipo, para que en el momento que este llegue a la planta en Envigado se pueda formar al personal en su utilización y estén en capacidad de realizar pruebas de ultrasonido (ver Capítulo 7).

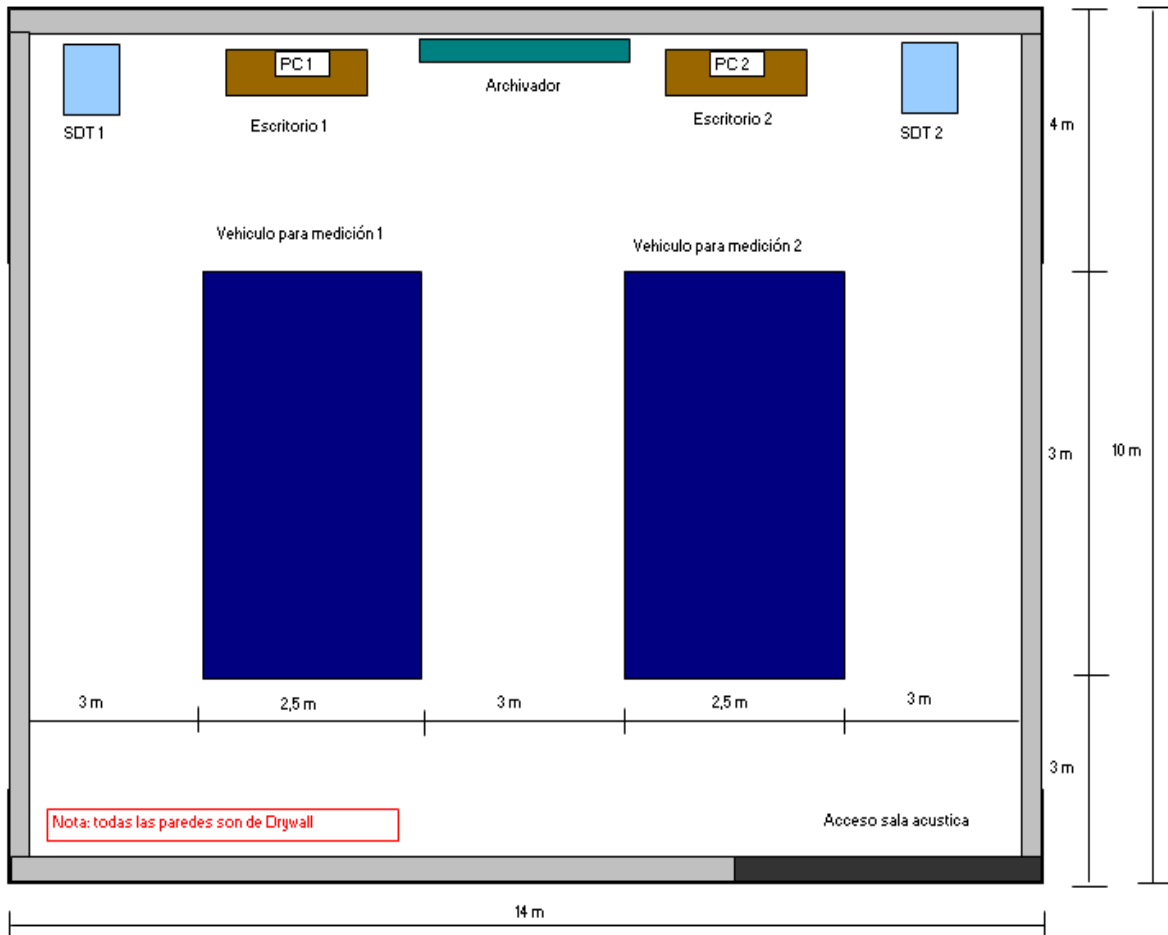
■ Propuesta del esquema general de la sala acústica. La sala acústica necesaria para el plan de vigilancia acústico, debe contar con unas condiciones mínimas para que no exista interferencia del ruido exterior en el momento de realizar las pruebas, las paredes deben de ser como mínimo de 3 cm de espesor, el espacio debe ser el necesario para ubicar como mínimo 2 vehículos por día ya que según la FOP transparencia se deben realizar 4 vehículos por semana a partir del AFF (acuerdo fabricación proveedor), por lo cual se debe tener mayor capacidad a la especificada en la FOP, en caso de que aumente la subida en cadencia y finalmente se deben tener dos computadores en los cuales los encargados de realizar las mediciones puedan ingresar los datos a SIMAP y generar las gráficas de control.

Debido a las condiciones planteadas como mínimas para que la sala acústica sea insonorizada, la propuesta es realizar la sala con paredes de drywall, ya que es un material insonorizante y de fácil acondicionamiento. Respecto a la ubicación de la sala sería preferible en lo posible en una zona lejana de la planta ya que esta genera grandes cantidades de ruido.

Adicionalmente según el Capítulo 5, que se refiere a la Norma ISO 5130:1982 "*Acústica - Medición del ruido emitido por vehículos detenidos - Método de inspección*", define un método para la medición de los niveles de ruido en el escape de los vehículos estando en condiciones estacionarias; en el ítem que se refiere al sitio de pruebas, establece que los extremos del sitio deberán estar al menos a tres metros de los extremos del vehículo y no deberán existir objetos que afecten la lectura del sonómetro dentro del sitio, por lo tanto este aspecto debe ser considerado al momento de realizar la construcción de la sala acústica.

En el momento en que se reciba el equipo, el grupo de ruidos deberá determinar en qué lugar realizaran las pruebas y bajo qué condiciones.

Figura 23. Propuesta sala acústica plan de vigilancia.



11.3 RESUMEN ACCIONES REALIZADAS EN EL DISEÑO DEL PLAN DE VIGILANCIA ACUSTICO PARA RENAULT SOFASA

A continuación se presenta un resumen de todas las acciones realizadas durante la ejecución del plan de vigilancia acústico en Renault Sofasa.

Tabla 7. Tabla resumen acciones realizadas en el plan de vigilancia acústico para Renault Sofasa.

ITEM	Estado inicial	Acciones realizadas	Estado final
Conceptos generales de sonido y ultrasonido	No existían	Consulta y documentación de conceptos generales de sonido y ultrasonido	Documentación de conceptos generales de sonido y ultrasonido
Consulta planes de vigilancia acústicos en otras ensambladoras Renault	No existía	Consulta en el portal de Renault, Obtención de ideas generales para la realización del plan de vigilancia acústico en Sofasa	Conocimiento de los demás planes de vigilancia acústico en otras ensambladoras Renault
FOP	FOP's tomadas de la planta de Brasil, en francés	Traducción al español, Adaptación a procedimientos de Sofasa, Selección de las FOP's a utilizar en Sofasa	FOP's a utilizar en Sofasa adaptadas a los procedimientos internos y traducidas al español.
FOP'A	FOP'A tomadas de la planta de Brasil, en francés	Traducción al español	FOP'A traducidas al español.
FOS	No existía	En espera de la llegada del equipo de ultrasonido para poderlas crear	En proceso de creación
Esquema gamas de medición	Esquema tomado de la planta de Brasil, en francés	Adaptación a Sofasa , Traducción al español	Esquema adaptado a Sofasa y traducido al español.
Fichas de transparencia acústica	Fichas de transparencia acústica de la planta de Brasil, en francés	Creación de las fichas de Sofasa, basadas en las de Brasil	Creación fichas de transparencia acústica para Renault Sofasa
Equipo de ultrasonido	Equipo SDT 150	Búsqueda de proveedor que calibrara el SDT 150 que tenía actualmente Sofasa,	Equipo SDT 170+ nuevo en Renault Sofasa

		Resultado: equipo fuera del mercado desde hace 10 años, Estudio de mercado del nuevo equipo a utilizar Gestión y compra del SDT 170+	
Manual equipo de ultrasonido	No existía	Solicitud del manual del usuario al fabricante del equipo (SDT North América)	Manual del SDT 170+ en español a disposición del personal del grupo de ruidos
Esquema de reactividad	Esquema de reactividad de la planta de Brasil, en francés	Traducción al español	Esquema de reactividad en español para Renault Sofasa
Cartas de control	No existían	Búsqueda de información de las cartas de control, Confirmación de acceso a SIMAP para la creación de estas cartas de control	Documentación de las cartas de control, Se crearan en SIMAP por el personal del grupo de ruidos
Capacitación SIMAP	No existía	Búsqueda de una persona de Sofasa capacitada en SIMAP para brindar capacitación al grupo de ruidos	Pendiente definición fecha para realizar capacitación en SIMAP
Capacitación ultrasonido	No existía	Acuerdo con Juan Fernando Mesa de EAFIT para realizar capacitación en ultrasonido	Realización de capacitación de ultrasonido el 24/032011 brindada por Juan Fernando Mesa
Propuesta sala acústica	No existía	Consulta de requerimientos mínimos para la realización de la sala acústica.	Creación propuesta de sala acústica para Renault Sofasa

11.4 DIFICULTADES ENCONTRADAS EN LA REALIZACION DEL DISEÑO DEL PLAN DE VIGILANCIA ACUSTICO PARA RENAULT SOFASA

En la realización de este proyecto, se presentaron diversas dificultades, las cuales extendieron los plazos de algunas actividades e inclusive no permitieron la realización de ciertas acciones.

A continuación se enumera una lista de las dificultades más relevantes en la realización del diseño del plan de vigilancia acústico para Renault Sofasa.

- Largos plazos para obtener información, debido a que la fuente primaria se encuentra en Brasil.
- Dificultad para la aprobación del presupuesto para la compra del equipo por parte del director de calidad de Renault Sofasa.
- Llegada del equipo nuevo a la planta de Sofasa, ya que de este dependían ciertas actividades que no se pudieron finalizar para la entrega de este proyecto.
- La información se encontraba en francés, por lo tanto la traducción al español se tardó más tiempo del estipulado.

12 CONCLUSIONES

El diseño del plan de vigilancia acústico, permite alinear a Renault Sofasa ante una exigencia realizada por Renault Central desde el año 2009 con las demás ensambladoras de la marca y de este modo tener un elemento estructurado sobre el cual se vigile la transparencia acústica en las cabinas fabricadas en la planta y garantizar vehículos insonorizados.

Renault Sofasa, al implementar el plan de vigilancia acústico podrá realizar análisis en conjunto con las demás ensambladoras que ya han implementado el plan de vigilancia acústico, ya que este grupo de análisis se dedica únicamente a vigilar la acústica al interior de las cabinas marca Renault y realizar mejoras de calidad acústica en el producto final.

La importancia del plan de vigilancia para Renault Sofasa, se debe a que Renault Central asigna nuevos proyectos a sus ensambladoras dependiendo de la calidad con la que estas fabriquen sus vehículos, por lo tanto al garantizarse la calidad acústica en las cabinas fabricadas en Renault Sofasa, esta será una planta tentativa para la asignación de nuevos proyectos, ya que cuenta con la capacidad y adicionalmente con esta nueva herramienta, con la insonorización de las cabinas, lo cual es un elemento fundamental para la satisfacción de los clientes.

Conocer los fundamentos básicos sobre el sonido permite identificar los elementos esenciales a tener en cuenta en el control del ruido en los vehículos, de igual modo el conocimiento de normas relacionadas con el control del ruido emitido por vehículos automotores, debe estar estrechamente ligado el plan de vigilancia acústico, ya que el objetivo de este es que cada vehículo fabricado en la planta emita niveles de ruido permitidos por las regulaciones del país.

El ultrasonido abarca gran número de conceptos que deben ser tenidos en cuenta para la realización del plan de vigilancia acústico en Renault Sofasa, ya que la prueba a realizar consiste en una prueba de ultrasonido, por consiguiente por medio de la norma SNT SNT-TC-1A, es posible instruir al personal que realizara las pruebas de ultrasonido en los vehículos.

Los planes de vigilancia son un elemento de control en todos los procesos de las ensambladoras Renault, ya que por medio de estos se determina que tan eficiente está un determinado proceso, estos planes son de gran importancia ya que permiten realizar acciones preventivas y no correctivas.

La realización de alertas basadas en los resultados arrojados por las cartas de control del plan de vigilancia acústico, son una herramienta fundamental para mejorar la calidad de los vehículos, ya que de este modo se detectara y corregirá un incidente antes de que este se presente.

Los planes de vigilancia deben estar documentados y estandarizados en Fichas de Operación Proceso y Fichas de Operación Estándar, para que los procesos no presenten variaciones en los procedimientos e igualmente exista un histórico en la planta.

El registro de los datos inicialmente iba a ser llevado en una base de datos de Excel, ya que se creía que Renault Sofasa no tenía acceso al sistema que utilizan los planes de vigilancia en las demás ensambladoras Renault para el seguimiento de los datos (SIMAP), luego de una investigación en los planes de vigilancia creados en Renault Sofasa, se comprobó que la planta si tiene acceso pero está en proceso de capacitaciones para aprender a utilizar el sistema, ya que el acceso fue dado hace poco tiempo, por lo cual se asignó una persona ya capacitada en SIMAP, para que capacite al personal del grupo de ruidos en el momento que llegue el equipo a la planta y de este modo el registro de los datos del plan de vigilancia acústico de Renault Sofasa sea llevado en SIMAP.

El SDT 170+ es un equipo de ultrasonido que permite realizar pruebas de hermeticidad en los vehículos, por medio de este se determina qué cantidad de “sonido” se está filtrando a través de los empaques o uniones del vehículo. Por medio de esta prueba de hermeticidad o de ultrasonido, la planta garantiza en cada cabina evaluada, no solo la transparencia acústica del vehículo sino también la hermeticidad de este.

Las capacitaciones para el personal a realizar el plan de vigilancia acústico, se dejaron documentadas y planeadas hasta el momento que llegue el equipo a la planta, ya que dependen de este dos de las tres capacitaciones planeadas; la capacitación de ultrasonido fue la única capacitación brindada al personal de Sofasa, la capacitación en la utilización del equipo estará pendiente hasta que este llegue e igualmente la capacitación en SIMAP, la cual se dictara cuando se realicen las primeras mediciones con el equipo físicamente.

La sala acústica propuesta tiene capacidad para evaluar dos vehículos por día, ya que si Renault Sofasa aumenta su producción, el plan de vigilancia debe aumentar igualmente su capacidad de vigilancia, por lo tanto debe ser diseñada teniendo en cuenta la subida en cadencia de la planta.

El proyecto de grado finaliza con la presentación de la propuesta de implementación del plan de vigilancia acústico para Renault Sofasa, el cual incluye: Adaptación, traducción al español y documentación de las Fichas de Operación Proceso y Fichas de Operación Proceso A; realización del esquema de las gamas de medición y creación de las fichas de transparencia acústica; gestión y compra del equipo a utilizar; se creó y documento el procedimiento de no conformes y se definió el esquema de reactividad, se realizó la documentación técnica del equipo y se dejó a disposición del personal el manual de uso del equipo en español, documentación de la interpretación de las cartas de control; se asignó una persona de Renault Sofasa para que realizara la capacitación en SIMAP en el momento que llegue el equipo a la planta; se realizó la propuesta de la sala acústica y se brindó una capacitación en ultrasonido al personal del grupo de ruidos.

Las Fichas de Operación Estándar (FOS), se adaptaran con base a las de la planta de Renault Brasil, estas todavía no han sido finalizadas y validadas, por lo tanto, el responsable del grupo de ruidos viajara en el mes de Mayo a Brasil, para recopilarlas y posteriormente adaptarlas a los procedimientos de Renault Sofasa; debido a las razones expuestas anteriormente estas FOS no serán presentadas en este proyecto, pero serán tarea a futuro del grupo de ruidos adaptarlas y documentarlas en el momento que comience a funcionar el plan de vigilancia acústico.

La implementación de la sala acústica será responsabilidad de los integrantes del plan de vigilancia acústico, ya que por razones de tiempo esta sala no se realizara físicamente, se deja documentada la propuesta de los requisitos mínimos de cómo debe ser esta sala para que cumpla con las especificaciones de las normas de ruido.

Inicialmente el plan de vigilancia acústico se implementara con un solo equipo de ultrasonido SDT 170+, a medida que aumenten los modelos de los vehículos fabricados en la planta, el plan de vigilancia acústico deberá adquirir otro equipo, ya que con uno solo no es suficiente la capacidad del plan de vigilancia acústico para la realización de las pruebas de ultrasonido y también a medida que se desarrolle el plan de vigilancia acústico será necesario adquirir diferentes equipos que le brinden robustez y confiabilidad al plan de vigilancia acústico.

13 BIBLIOGRAFÍA

conformit, UET Maîtrise d'ouvrage de la. Diciembre 2007. Formación SIMAP Maîtrise d'ouvrage SIMA. Diciembre 2007.

Estudios, Lopez J.A. Dirección de. EL CONFORT ACUSTICO EN EL AUTOMOVIL. Fasa – Renault : s.n.

GARCIA, A. Mayo 2010. Pista de ensayos dinamicos2. Medellin, Colombia : s.n., Mayo 2010.

GARCIA, A. 2010. Pista de ensayos dinamicos. Documentacion interna Sofasa . Medellin, Colombia : s.n., 2010.

<http://www.google.com/imgres?imgurl>.

Miyara, Federico. Abril de 1999. CONTROL DE RUIDO. Rosario, Argentina : s.n., Abril de 1999.

Abril de 1999. CONTROL DE RUIDO,. Rosario, Argentina : s.n., Abril de 1999.

Renault Brasil, Grupo Ruido Curitiba: P. Miessa. Escola Destreza Dinâmico.

Sofasa. 2010. Perimetros del vehículo Renault. Medellin : s.n., 2010.

Preambulo AVES. Medellin : s.n., 2010.

Sofasa, Renault. 2010. Renault Sofasa nuestra empresa. Medellin : s.n., 2010.

Ultrasonics, SDT The Precision of. SDT North America. Canadá : s.n.

Lopez, Arley Garcia. 2010. Grupo de Ruidos. *Generalidades grupo de ruidos*. Medellin, 2010.

Anexo A. Normas relacionadas con pruebas del sonido en vehículos.
Este anexo será presentado digitalmente.

Anexo B. Norma para realización de pruebas de ultrasonido.
Este anexo será presentado digitalmente.

Anexo C. Ejemplo de una FOP y una FOS de un procedimiento de Renault Sofasa.

FOP: Parámetros de superficie

F.O.P. SURVEILLANCE		Date	Approuvé	Emetteur
		26/01/2010	B. XAVIER / A. L	M. JULLARD / BK
PARAMETRES ETAT DE SURFACE				
1) GENERALITES				
a) Objectif du contrôle				
Surveiller les paramètres d'état de surface Ra (rugosité arithmétique)				
b) Risque client				
Dégradation de l'aspect (tension, profondeur) de la gamme complète.				
c) Spécification de la caractéristique et points de contrôle préconisés				
> Il faut se rapporter à la FOP A spécifique au véhicule et/ou à l'usine.				
Spécifications génériques - La FOP A prime sur les spécifications de la FOP S.				
Sur la peau extérieure :				
Rugosité Arithmétique Ra < 0,5 µm TNC = 1 %				
d) Conditions particulières d'application du contrôle				
Localisation : Après étuve du process cataphorèse.				
Besoin : Caisse à l'arrêt				
Ergonomie, sécurité : Caisse à hauteur				
Contraintes : Eclairage, accessibilité des points de mesure				
e) Domaine d'application				
Tous types de caisses sauf les gros utilitaires (type Trafic, Master, etc)				
FOP Surveillance Paramètres d'état de surface		Numéro FOP Surveillance SP*ACB100	Véh. T.T.	Page 1/5

F.O.P. SURVEILLANCE		Date	Approuvé	Emetteur
		26/01/2010	B. XAVIER / A. L	M. JULLARD / BK
2) TYPE DE MESURE				
a) Liste des moyens de mesure homologués				
- Appareil de profilométrie 2 dimensions portatifs (Digipeinture) de Digitalsurf				
b) Référence des DAM (Dossier Assurance de la Mesure)				
DAM générique BMIR-V5805-2005-0037				
c) Description				
Le Digipeinture est composé de deux éléments reliés par un cordon.				
- 1er élément : une unité de palpé mécanique à patin : SURTRONIC 3+ de TAYLOR HOBSON				
- 2ème élément : un boîtier de commande permettant le pilotage du profilomètre				
d) Mesure				
- Véhicule à l'arrêt sans vibration.				
- Ne pas bouger l'appareil pendant la mesure				
- Choisir une zone à palper la plus plane possible.				
- Positionner correctement le palpeur en contact sur le support, en veillant à ce que le bras du SURTRONIC 3+ soit le plus parallèle possible à la surface à mesurer et que la pointe du profilomètre soit perpendiculaire à la zone à mesurer.				
e) Précautions d'emploi				
- Le Digipeinture ne doit pas recevoir de choc				
- Ne pas exposer l'appareil directement aux rayons du soleil et l'éloigner des endroits poussiéreux				
f) Formation à la mesure				
- Il faut connaître le logiciel EXCEL				
- Le temps de formation est de 1/2 journée sur les sujets suivants :				
- Configuration de fichier				
- Démarrage de l'application				
- Stockage des données				
- Traitement des données				
Résumé de l'appareil de contrôle :				
Appareil Digipeinture (profilomètre portable 2 dimensions) avec une résolution de 0,01 µm mini.				
> Il faut se rapporter au DAM spécifique à l'appareil				
FOP Surveillance Paramètres d'état de surface		Numéro FOP Surveillance SP*ACB100	Véh. T.T.	Page 2/5

3) REGLE DE PRELEVEMENT

Résumé de l'appareil de contrôle
- Contrôle visuel

Taille d'échantillon	Fréquence
1 caisse	Par semaine; par type et par flux.

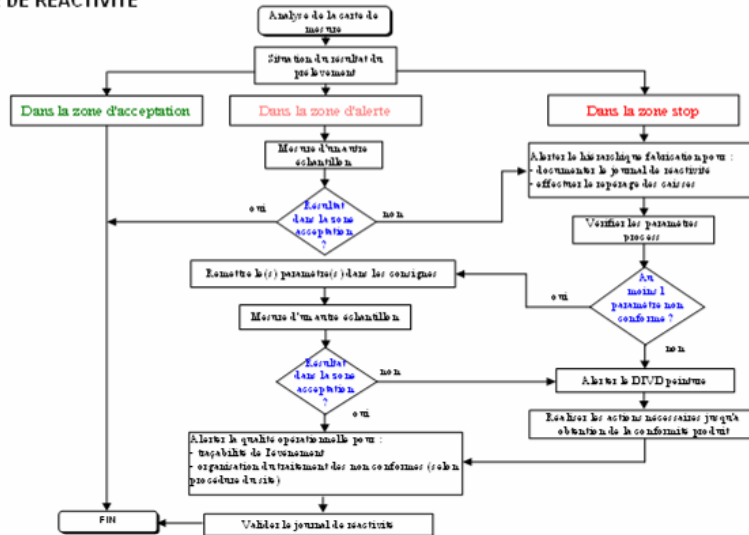
L'évolution des règles de prélèvement est soumise à la décision du Comité d'animation du Plan de Surveillance du département de fabrication concerné.

4) MODE DE DECISION (outils et méthodes)

- Outils de décision : Carte de contrôle aux mesures.
- Outils informatique : SIMAP .

FOP Surveillance Paramètres d'état de surface	Numéro FOP Surveillance SP*ACB100	Véh. T.T.	Page 3/5
--	--------------------------------------	--------------	-------------

5) MODE DE REACTIVITE

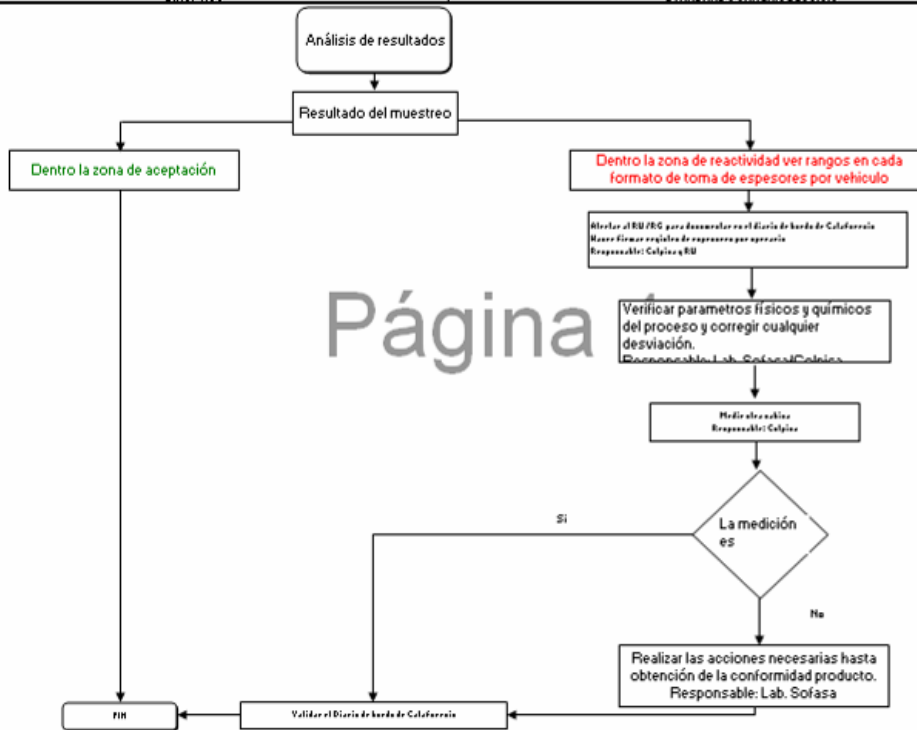


6) ENREGISTREMENT ET ARCHIVAGE DES DONNEES

- Pour les mesures : 1 ans

FOP Surveillance Paramètres d'état de surface	Numéro FOP Surveillance SP*ACB100	Véh. T.T.	Page 4/5
--	--------------------------------------	--------------	-------------

FICHA DE OPERACION ESTANDAR		H	1	2	3	4	5	6	7	8
(SINOPTICO)	Prueba de medicación	05/08/2007	05/08/2007	05/08/2008						
	Personas Medicadas	05: SP+ACD188 - SOFCAT	Sidgalan	Sidgalan						
	Jefe de Operación	J. Tihana	J. Tihana	J. Tihana						
	Jefe de taller (RC)	J. Gonzalez / J. Ovejuna / J. Ovejuna	Gonzalez/Ovejuna	C. Valdivia						
Validado por	Tarea	C. Ovejuna	C. Ovejuna	E. Maclean						
	Tarea	E. Maclean	E. Maclean	H. Cobarrubias						
	Tarea	C. Ovejuna	C. Ovejuna							
HOMBRE DEL PROCESO: 05: SP+ACD188 - SOFCAT HOMBRE DE LA OPERACIÓN										
SINOPTICO		STANDARD Ó CRITERIO DE JUICIO								



Anexo D. Presentación SIMAP.

Este anexo será presentado digitalmente.

Anexo E. Características funcionales de los equipos SDT.

Este anexo será presentado digitalmente.

Anexo F. Manual técnico del equipo SDT 170.

Este anexo será presentado digitalmente.

Anexo G. FOP's del plan de vigilancia acústico en otras ensambladoras Renault.

Este anexo será presentado digitalmente.

Anexo H. FOP's del plan de vigilancia acústico a utilizar en Renault Sofasa.

Este anexo será presentado digitalmente.


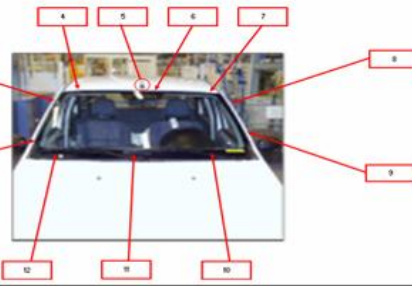
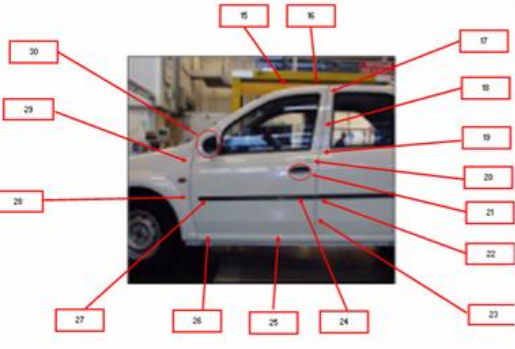
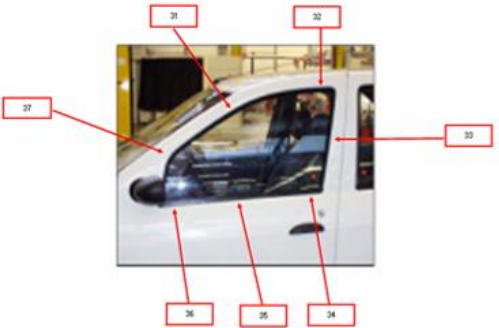
Anexo I. FOP's A del plan de vigilancia acústico puntos de medición.

Este anexo será presentado digitalmente.

Anexo J. FOP's A del plan de vigilancia acústico ubicación del SDT en el vehículo.

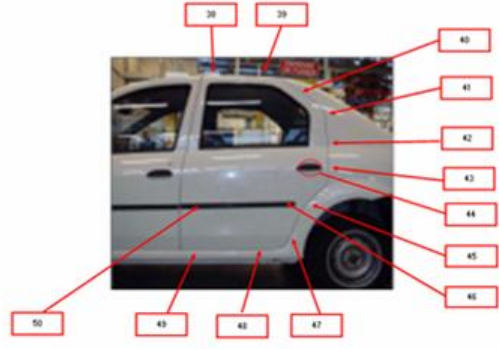
Este anexo será presentado digitalmente.

Anexo K. Formato para registrar las mediciones en Renault Sofasa.

FICHAS TRANSPARENCIA ACUSTICA B90 (SANDERO)				
FECHA:				
N° CABINA:				
REJILLA ALERO (CAJA DE AGUAS)				
PUNTO	ESPECIFICACIÓ	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA 3
1				
2				
3	Limite 41 dB			
				
PARABRISAS				
PUNTO	ESPECIFICACIÓ	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA 3
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14	Limite 31 dB			
				
PUERTA DELANTERA IZQUIERDA				
PUNTO	ESPECIFICACIÓ	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA 3
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30	Limite 36 dB			
				
VIDRIO DELANTERO IZQUIERDO				
PUNTO	ESPECIFICACIÓ	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA 3
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37	Limite 41 dB			
				

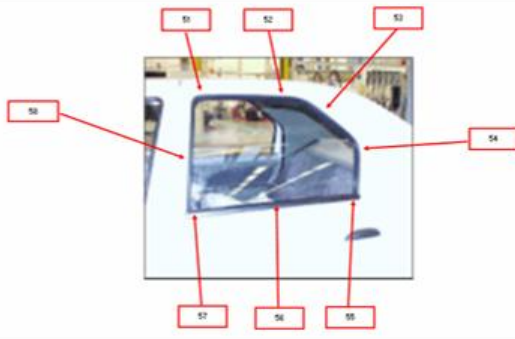
PUERTA TRASERA IZQUIERDA

PUNTO	SPECIFICACIÓ	MEDIDA	MEDIDA 2	MEDIDA 3
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50	Limite 36 dB			



VIDRIO TRASERO IZQUIERDO

PUNTO	SPECIFICACIÓ	MEDIDA	MEDIDA 2	MEDIDA 3
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58	Limite 41 dB			



PORTILLOH

PUNTO	SPECIFICACIÓ	MEDIDA	MEDIDA 2	MEDIDA 3
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
69				
70				
71				
72				
73	Limite 51 dB			



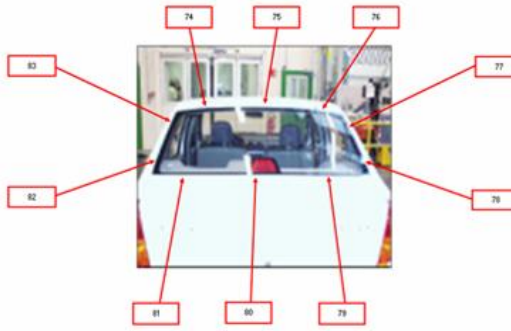
PORTE COFRE

PUNTO	SPECIFICACIÓ	MEDIDA	MEDIDA 2	MEDIDA 3
68	Limite 71 dB			



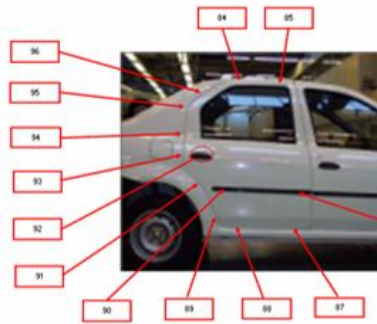
VIDRIO LUNETTA (TRASERO)

PUNTO	ESPECIFICACIÓ	MEDIDA	MEDIDA 2	MEDIDA 3
74				
75				
76				
77				
78				
79				
80				
81				
82				
83	Limite 36 dB			



PUERTA TRASERA DERECHA

PUNTO	ESPECIFICACIÓ	MEDIDA	MEDIDA 2	MEDIDA 3
84				
85				
86				
87				
88				
89				
90				
91				
92				
93				
94				
95				
96	Limite 36 dB			



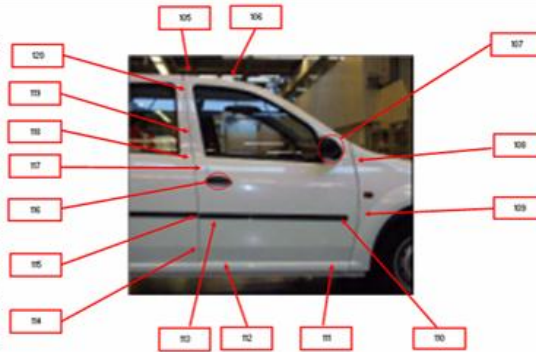
VIDRIO TRASERO DERECHO

PUNTO	ESPECIFICACIÓ	MEDIDA	MEDIDA 2	MEDIDA 3
97				
98				
99				
100				
101				
102				
103				
104	Limite 41 dB			



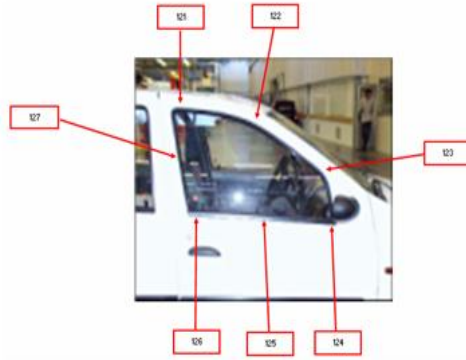
PUERTA DELANTERA DERECHA

PUNTO	ESPECIFICACIÓ	MEDIDA	MEDIDA 2	MEDIDA 3
105				
106				
107				
108				
109				
110				
111				
112				
113				
114				
115				
116				
117				
118				
119				
120	Limite 36 dB			



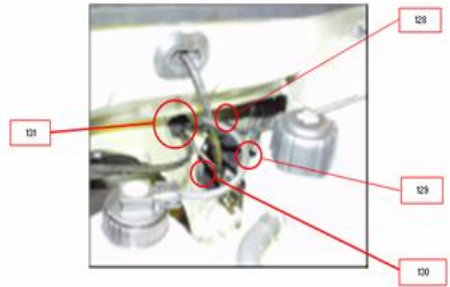
VIDRIO DELANTERO DERECHO

PUNTO	SPECIFICACIÓ	MEDIDA	MEDIDA 2	MEDIDA 3
121				
122				
123				
124				
125				
126				
127	Limite 41 dB			



SALPICADERO 1

PUNTO	SPECIFICACIÓ	MEDIDA	MEDIDA 2	MEDIDA 3
128				
129				
130				
131	Limite 26 dB			



Anexo L. Charla de ultrasonido.

Este anexo será presentado digitalmente.