

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Máster en Ingeniería Acústica



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Evaluación de la reducción de la molestia del ruido de tráfico causada por pantallas acústicas”

TRABAJO FINAL DE MASTER

Autor/a:
Diana Berenice Campo Góngora

Tutor/a:
Francisco Javier Redondo Pastor

GANDIA, 2017

RESUMEN

Este proyecto tiene como objeto la identificación del ruido producido por tráfico vehicular y como puede disminuir mediante la aplicación de pantallas acústicas. Se realizaron diferentes grabaciones de ruido de tráfico con el fin de conseguir la mayor información posible de los tipos de ruido que produce el tráfico rodado y obtener muestras de audio representativas del mismo. Se procedió de esta manera debido a los diferentes límites de velocidad de las calzadas, y el ruido relacionado a la misma. Se utilizaron estas muestras de sonidos, para tras su modificación simulando el efecto de barreras, estudiar el grado de molestia que producen y la reducción de la misma, producida por pantallas acústicas. Para ello se diseñó una experiencia psicoacústica.

Palabras clave: Pantalla acústica, psicoacústica, ruido de tráfico

ABSTRACT

The goal of this project is to identify the noise produced by vehicular traffic and how it can be reduced by the application of acoustic screens. Different traffic noise recordings were made in order to obtain as much information as possible about the types of noise produced by road traffic and get representative audio samples of the traffic. It proceeded in this way because of the various roadway speed limits, and noise related to it. These sound samples were used, after their modification simulating the effect of barriers, to study the degree of annoyance that they produce and the reduction of the same, produced by acoustic screens. For this, a psychoacoustic experience was designed.

Key words: Acoustic, psychoacoustic, traffic noise

ÍNDICE

Introducción	1
1. Marco teórico	4
1.1. Psicoacústica	4
1.1.1. Oído humano	5
1.1.2. Umbrales de audición	6
1.1.3. Enmascaramiento sonoro	8
1.1.4. Bandas críticas	9
1.1.5. Sonoridad	10
1.1.6. Tipos de experiencias psicoacústicas	12
1.2. Ruido	13
1.2.1 Ruido de tráfico	13
1.2.2. Pantallas o barreras acústicas	15
2. Diseño de la experiencia psicoacústica	17
3. Análisis de resultados	23
3.1. Realización de las encuestas	23
3.2. Análisis general	24
3.2.1. Molestia causada por ruido de origen mecánico	24
3.2.2. Molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 50 km/h.	27
3.2.3. Molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 90 km/h.	30
3.3. Análisis por sexos	33
3.3.1. Molestia causada por ruido de origen mecánico	33
3.3.2. Molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 50 km/h.	36

3.3.3. Molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 90 km/h.	39
3.4. Análisis por edad	41
3.4.1. Molestia causada por ruido de origen mecánico.....	42
3.4.2. Molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 50 km/h.	45
3.4.3. Molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 90 km/h.	48
3.5. Comparación de la muestra de la pantalla acústica convencional simple con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido	51
4. Conclusiones	55
Bibliografía	57
ANEXOS	59
Anexo 1. Resultados generales.....	60
Anexo 2. Resultados por sexo.....	62
Anexo 3. Resultados por edad	65

Introducción

En la actualidad, es una prioridad controlar y prevenir problemas medioambientales, dentro de esta categoría se encuentra la contaminación acústica producida por el ruido, que se define como todo sonido molesto o indeseable. La contaminación ambiental hace referencia al ruido producido por actividades humanas como industrias, edificación, transportes: terrestres, aéreos y marítimos, entre otros, que producen efectos nocivos sobre la salud mental y física de los seres humanos.

Cuando se tiene como objetivo reducir los efectos del ruido ambiental sobre las personas, deberán tenerse en cuenta los siguientes aspectos: fuentes de ruido, vía de transmisión y lugar de recepción, ya que sobre éstos se tomarán las medidas de mitigación.

Centrando la atención en el ruido generado por el tráfico rodado, los encargados de las medidas de mitigación en la fuente son las fábricas de vehículos que están reguladas por normativa que limita el nivel de presión sonora que emiten cada uno de sus componentes, por otra parte, también se puede mejorar la superficie de las carreteras con asfaltos porosos para obtener niveles de ruido más bajos. Para la reducción de ruido en la vía de transmisión se emplean barreras o pantallas acústicas que son las que se estudian en este documento. Finalmente, el control de ruido en el lugar de recepción va ligado al aislamiento acústico de las edificaciones.

Determinar el grado de molestia que genera el ruido sobre los seres humanos, es el objetivo de la psicoacústica, que estudia la interconexión entre las propiedades físicas del sonido y la interpretación que el ser humano hace de estas propiedades. Para conseguir este objetivo se diseñan experiencias psicoacústicas aplicadas a un número significativo de sujetos.

Objetivos

Objetivo General

Proponer un parámetro específico para la medida de la molestia de ruidos de tráfico rodado aplicable en particular al uso de pantallas.

Objetivos Específicos

- Buscar y concretar el material sobre conocimientos de percepción psicoacústica y acústica medioambiental y aplicarlos en la memoria.
- Determinar que tipo de pantalla acústica genera mayor atenuación de ruido de tráfico.
- Diseñar una experiencia psicoacústica que permita evaluar la molestia generada por el ruido de tráfico en comparación con la reducción de esta molestia causada por pantallas acústicas
- Comprobar si existe relación directa de los resultados obtenidos con la edad y el sexo de los encuestados.

Metodología

Para alcanzar los objetivos propuestos se ha seguido el método deductivo, que es un método científico que considera que la conclusión se halla implícita dentro las premisas. La hipótesis de este trabajo es que las pantallas acústicas reducen la molestia de ruido de tráfico, es por eso que se realiza una evaluación.

Estructura del documento

La memoria se encuentra organizada en las siguientes partes:

- En la primera parte, se encuentra la introducción del trabajo final de máster, seguida por los objetivos planteados y la metodología a seguir para conseguirlos.
- En la segunda parte se dispone del marco teórico que sustenta la información empleada en este proyecto. Se detalla información relevante sobre la percepción auditiva del ser humano y la relación con el ruido.
- La tercera parte especifica los detalles del diseño de la experiencia psicoacústica que realizarán los sujetos de prueba.
- En la cuarta parte se realiza el análisis de resultados obtenidos de las experiencias psicoacústicas realizadas a los encuestados.
- La parte final de la memoria, presenta las conclusiones obtenidas durante la realización del proyecto.
- Finalmente se detallan las fuentes bibliográficas empleadas y anexos.

1. Marco teórico

1.1. Psicoacústica

La psicoacústica es una rama de la psicofísica, que es el área de la ciencia que estudia la relación existente entre el estímulo de naturaleza físico y la respuesta de carácter psicológico que el estímulo físico provoca. En otras palabras estudia la interconexión entre las propiedades físicas del sonido y la interpretación que el ser humano hace de estas propiedades. (Rodríguez, 2005, p. 5)

La psicoacústica tiene como objetivos determinar:

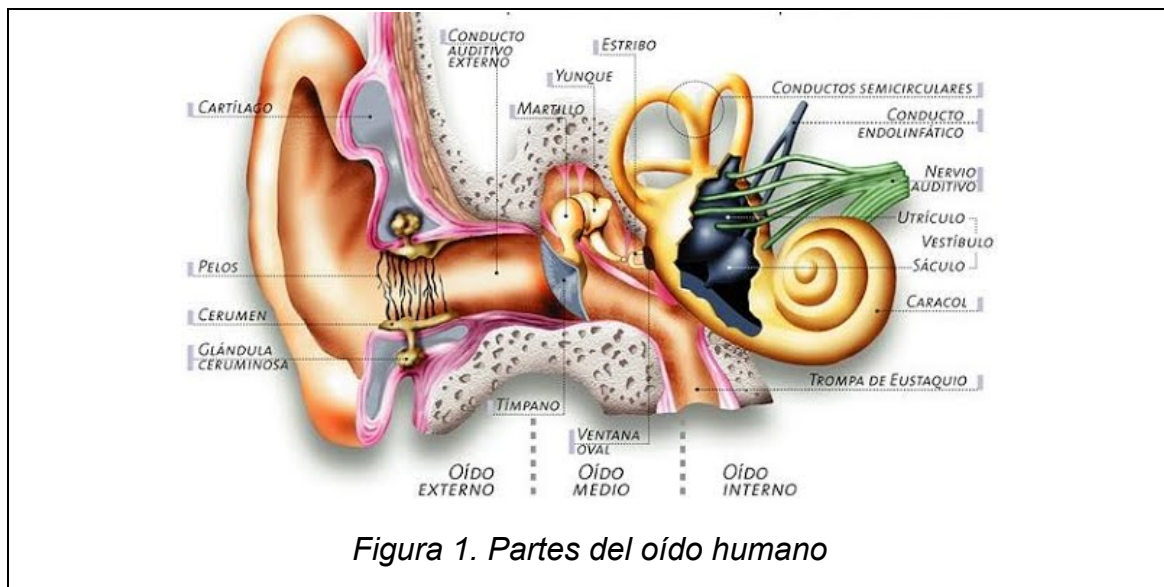
- La característica de respuesta de nuestro sistema auditivo, es decir, cómo se relaciona la magnitud de la sensación producida por el estímulo con la magnitud física del estímulo.
- El umbral absoluto de la sensación.
- El umbral diferencial de determinados parámetros de los estímulos, estos umbrales son la mínima variación y mínima diferencia perceptibles.
- La resolución o capacidad de resolución del sistema auditivo para separar estímulos simultáneos o la forma en que estímulos simultáneos provocan una sensación compuesta.
- La variación en el tiempo de la sensación del estímulo.

Para cumplir los objetivos presentados, es preciso detallar la fisiología involucrada en la interpretación auditiva de los estímulos y posteriormente el diseño de experiencias psicoacústicas que permiten explicar los resultados obtenidos experimentalmente.

1.1.1. Oído humano

El oído humano es sentido formado por un conjunto de órganos, cuya finalidad es captar los sonidos que nos rodean transportándolos al cerebro produciendo el fenómeno de la audición.

Cuando se produce un sonido el aire vibra creando una onda sonora. El pabellón auditivo capta la onda sonora y la dirige hacia el canal auditivo, a final del conducto auditivo se encuentra el tímpano que empieza a vibrar. Ya en el oído medio, el tímpano está comunicado con la cadena de huesecillos, martillo, yunque y estribo que transmiten las vibraciones y las amplifican hasta la ventana oval del oído interno. En el oído interno, un líquido estimula las terminaciones nerviosas llamadas células ciliadas. Las células ciliadas envían impulsos eléctricos a través del nervio auditivo hasta el cerebro, que decodifica estos impulsos.



1.1.1.1. Oído externo

Está formado por el pabellón auditivo y el conducto auditivo externo. Las ondas sonoras son recogidas por el pabellón que las conduce a través del conducto auditivo hacia la membrana del tímpano.

1.1.1.2. Oído medio

Limitado por el tímpano y por la base de la cóclea. En su interior hay tres huesecillos, llamados martillo, yunque y estribo. La cabeza del martillo se apoya sobre el tímpano y transmite vibraciones a través del yunque al estribo y este último se apoya en la ventana oval. El sonido es amplificado mientras pasa por esta cavidad.

En esta zona se produce una transducción acústico-mecánica. La energía acústica de la onda sonora es transformada en energía mecánica.

1.1.1.3. Oído interno

El interior de esta cavidad hermética está lleno por el líquido linfático. Está compuesto por tres elementos: los canales semicirculares, el vestíbulo y la cóclea. Las vibraciones de la ventana oval del vestíbulo excitan al fluido de la cóclea, aquí las señales se propagan hasta llegar las células ciliares, donde son codificadas y transformadas en impulsos electroquímicos que se propagan por el nervio acústico hasta llegar al cerebro para su decodificación.

En esta zona se produce una transducción mecánico-eléctrica. La energía mecánica de la onda sonora es transformada en energía eléctrica.

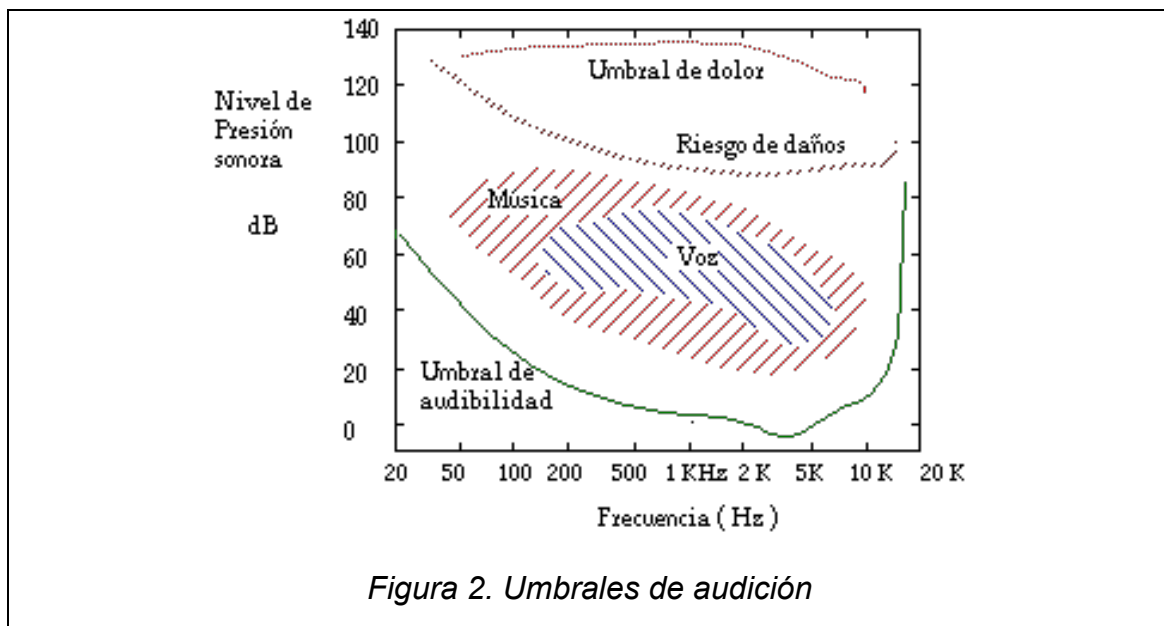
1.1.2. Umbrales de audición

Corresponden al mínimo nivel que un determinado estímulo debe poseer para provocar una reacción en el sujeto que realiza el ensayo. Por lo general el rango de frecuencias que nuestro sistema auditivo es capaz de detectar está comprendido entre 20 Hz y 20 kHz

Existen dos tipos de umbrales de audición: el absoluto y el diferencial.

1.1.2.1. Umbrales absolutos

Los umbrales absolutos de la audición son aquellos valores de uno de los parámetros del estímulo físico a partir del cual la sensación comienza a o deja de producirse. Este umbral determina la mínima intensidad que un determinado estímulo para el cual en un 50% de las veces los sujetos han confirmado la presencia del estímulo. Como se puede apreciar en la figura 2, en el extremo superior se encuentra el umbral de dolor, el cual precisa la presión sonora máxima que puede soportar el oído. Más abajo de este nivel, se encuentra el límite de riesgo de daños, el cual representa el umbral de presión sonora que no debe sobrepasarse por más de un cierto período de tiempo continuo (ocho horas diarias por día laboral), o de lo contrario puede producirse un pérdida de sensibilidad permanente. El extremo inferior, denominado umbral de audibilidad es el valor mínimo o presión mínima requerida para que un sonido pueda ser perceptible y es dependiente de la frecuencia.



1.1.2.2. Umbrales diferenciales

Los umbrales diferenciales de la audición indican las mínimas variaciones de uno de los parámetros del estímulo físico, necesarias para que se produzca un cambio en la sensación, es decir, la mínima intensidad con que un estímulo debe exceder a otro para que el sujeto los reconozca como diferentes en un 50% de las pruebas.

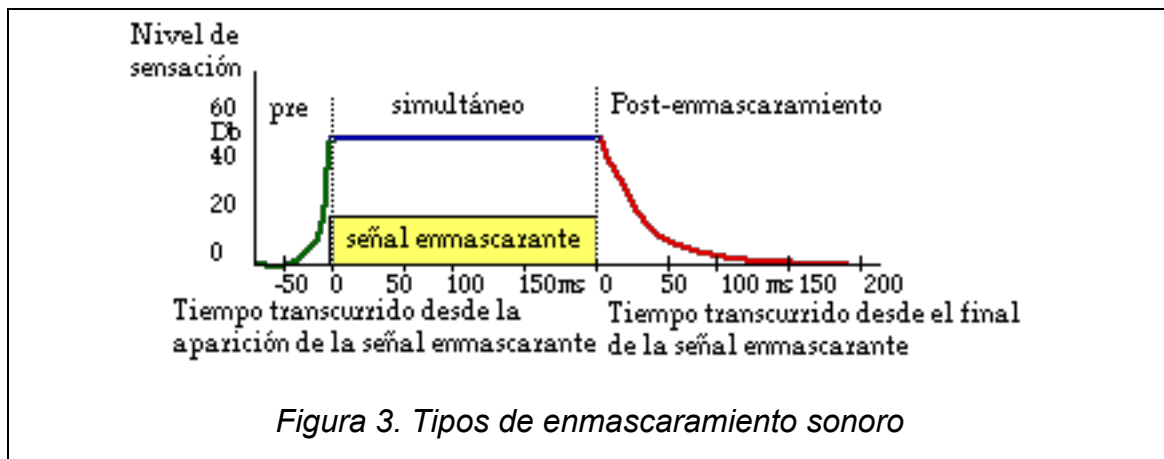
1.1.3. Enmascaramiento sonoro

Es un proceso en el cual el umbral de audibilidad correspondiente a un sonido se eleva, debido a la presencia de otro sonido, impidiendo la percepción del sonido inicial.

Este fenómeno es apreciable cotidianamente, por ejemplo, cuando dos personas conversan en la calle y el ruido ambiente producido por tráfico vehicular impide que una persona escuche total o parcialmente lo que esta diciendo la otra.

Existen dos tipos de enmascaramiento:

- **Enmascaramiento simultáneo:** cuando el sonido de prueba y el enmascarador coinciden temporalmente.
- **Enmascaramiento no simultáneo:** cuando el sonido de prueba puede ser anterior (pre-enmascaramiento), o posterior (post-enmascaramiento), al enmascarador.



1.1.4. Bandas críticas

El ancho de banda crítico puede interpretarse como una medida de la selectividad frecuencial del oído. El ancho de banda crítico permite explicar porque, dado un tono de una cierta frecuencia, una banda de ruido estrecha centrada en dicha frecuencia produce la misma cantidad de enmascaramiento sobre el tono que una banda ancha de ruido, aun cuando el nivel de densidad espectral de ambos ruidos sea igual y, por ende, la energía del ruido de banda estrecha sea menor. Estas bandas emergen de la región del espectro de un ruido que enmascara efectivamente un sonido compuesto por un tono puro. (Rodríguez, 2005, p. 18).

Es así que se define la banda crítica como, aquel intervalo de frecuencias que representa la máxima resolución en frecuencia del sistema auditivo en diferentes experimentos psicoacústicos. También se suele decir que las bandas críticas constituyen el intervalo en el cual se “suma” la energía de las distintas componentes espectrales de la señal. La energía efectiva de la señal enmascarante es la que esta confinada en un intervalo mientras que el resto no contribuye al enmascaramiento del tono.

En acústica se emplean generalmente bandas de octava o de tercios de octava para el análisis de distintos casos y aplicaciones. Cuando hablamos de acústica ambiental se trabaja con bandas de tercio de octava de frecuencias comprendidas entre 100 y 5000 Hz.

OCTAVA			TERCIO DE OCTAVA		
Frecuencia inferior	Frecuencia central	Frecuencia superior	Frecuencia inferior	Frecuencia central	Frecuencia superior
22	31,5	44	17,8	20	22,4
			22,4	25	28,2
			28,2	31,5	35,5
			35,5	40	44,7
44	63	88	44,7	50	56,2
			56,2	63	70,8
			70,8	80	89,1
88	125	177	89,1	100	112
			112	125	141
			141	160	178
177	250	355	178	200	224
			224	250	282
			282	315	355
355	500	710	355	400	447
			447	500	562
			562	630	708
710	1.000	1.420	708	800	891
			891	1.000	1.122
			1.122	1.250	1.413
1.420	2.000	2.840	1.413	1.600	1.778
			1.778	2.000	2.239
			2.239	2.500	2.818
2.840	4.000	5.680	2.818	3.150	3.548
			3.548	4.000	4.467
			4.467	5.000	5.623
5.680	8.000	11.360	5.623	6.300	7.079
			7.079	8.000	8.913
			8.913	10.000	11.220
11.360	16.000	22.720	11.220	12.500	14.130
			14.130	16.000	17.780
			17.780	20.000	22.390

Tabla 1. Bandas de octava y tercios de octava usadas en Acústica

1.1.5. Sonoridad

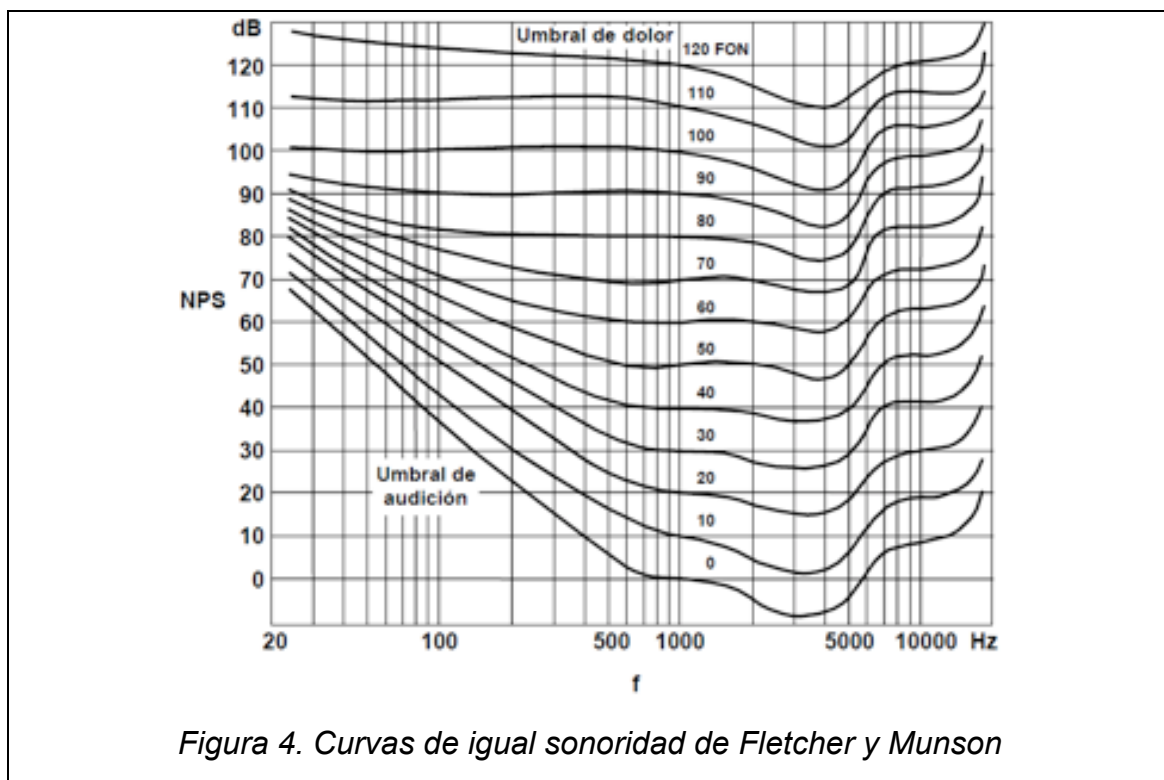
La sonoridad es un parámetro perceptivo fundamental del sonido, se conoce también como fuerza, volumen o intensidad y es parámetro físico que describe la energía transmitida por la onda sonora que permite ordenar sonidos en una escala del más fuerte al más débil, en principio se puede decir que está relacionado con la amplitud, sin embargo la sonoridad resulta dependiente también de la frecuencia, del ancho de banda, del contenido espectral y la duración del sonido.

1.1.5.1. Curvas de igual sonoridad

Las primeras curvas isofónicas fueron establecidas por Fletcher y Munson en 1933, estas indican la relación existente entre la frecuencia y la intensidad de

dos sonidos, con el objetivo de que éstos sean percibidos como igual de fuertes por el oído. Para determinar estas curvas se empleó un tono de 1 kHz de intensidad fija como referencia y otro tono con la misma frecuencia pero con intensidad variable, que el sujeto que realiza el test debía ajustar hasta que sea igual de sonoro que el tono de referencia y de esta manera se obtuvieron las curvas que permiten comparar la intensidad de dos tonos puros de diferentes frecuencias e intensidades.

En la figura 4 se puede observar cómo, a medida que aumenta la intensidad sonora, las curvas se hacen más planas. Esto se traduce en que la dependencia de la frecuencia es menor a medida que aumenta el nivel de presión sonora.



1.1.6. Tipos de experiencias psicoacústicas

- **A/B simple:** Comparación pareada donde se reproducen dos muestras y se selecciona la muestra superior o inferior usando un componente de pregunta de opción múltiple
- **Escala A/B:** Comparación pareada con una escala para cada muestra. También se conoce como método de calidad continua de estímulo doble. Desde el punto de vista de la implementación, esta prueba es idéntica a la prueba A/B simple, sólo las preguntas y los resultados son de tipo diferente.
- **ABC test:** Se reproducen tres muestras. Las muestras B y C se clasifican con respecto a la referencia A. Comparado con el ensayo de escala A/B, este ensayo tiene un parámetro de referencia adicional contra el cual se comparan B y C.
- **A/B/X:** Se reproducen tres muestras. El oyente debe seleccionar qué muestra, A o B, es la misma que X.
- **Escala A/B, referencia fija:** El sujeto da una calificación de cómo la muestra se compara con la referencia. Esta prueba es muy similar a la prueba A/B, ya que se utiliza una escala como pregunta en lugar de una pregunta de opción múltiple.
- **Escala A/B, referencia oculta:** El oyente da una calificación para ambas muestras en una escala especificada por el creador de la prueba. Una de las muestras A o B es la misma que la referencia oculta. Esto es similar a la prueba ABC test, pero la referencia no se reproduce, de ahí toma el nombre.
- **TAFC:** (Elección forzada sobre dos alternativas) Se reproducen dos muestras alterando algún parámetro hasta que el oyente ya no puede oír la diferencia entre las muestras.

1.2. Ruido

La Real Academia Española define al ruido como un sonido inarticulado, por lo general desagradable. Pero su definición puede tomarse como una clasificación subjetiva de cada individuo, que puede denominar como ruido tanto a música con nivel elevado mientras realiza una tarea que requiere alta concentración, como al sonido que produce el tráfico vehicular en la calle. La diferencia principal entre el sonido y ruido que se puede apreciar es que el ruido genera una respuesta negativa por parte del individuo. (Recuero López, 2000, p. 373)

El ruido es causante de efectos negativos en la salud de las personas, que van desde estrés hasta pérdida auditiva, alterando su vida cotidiana. Por este motivo se ha vuelto indispensable la gestión y control del ruido a través de la creación de políticas y regulaciones de ruido industrial, de movilidad y de entretenimiento principalmente.

1.2.1 Ruido de tráfico

El ruido de tráfico rodado es considerado como la fuente de ruido más importante dentro de la contaminación acústica debido a que la molestia que genera se relaciona con la cantidad de fuentes individuales en movimiento como automóviles, buses, motocicletas, camiones, entre otros.

Segués Echazarreta (2007, p. 3-4) expone que al analizar la emisión originada por un vehículo en circulación, no se puede hablar de una única fuente de ruido, sino que el nivel sonoro global se ve determinado por la contribución de muchas fuentes. El ruido emitido por los vehículos circulando por las carreteras depende de factores tales como las características del propio vehículo, la velocidad y régimen de circulación y las características de la rodadura.

Desde el punto de vista acústico, el ruido de un automóvil depende del tipo de vehículo, su masa, la potencia del motor, tecnología de la combustión, de su estado de conservación, etc.

Respecto a su emisión sonora, los vehículos se pueden clasificar en:

- Vehículos ligeros, aquellos con peso en carga menor de 3,5 toneladas.
- Vehículos pesados, con peso en carga mayor de 3,5 toneladas.
- Motorizados de dos ruedas.

Las condiciones de funcionamiento del vehículo, las características y el estado de la calzada también influyen en la emisión sonora, por lo que las fuentes sonoras de un vehículo se clasifican en: ruido mecánico, ruido de rodadura o de contacto neumático-calzada y ruido aerodinámico

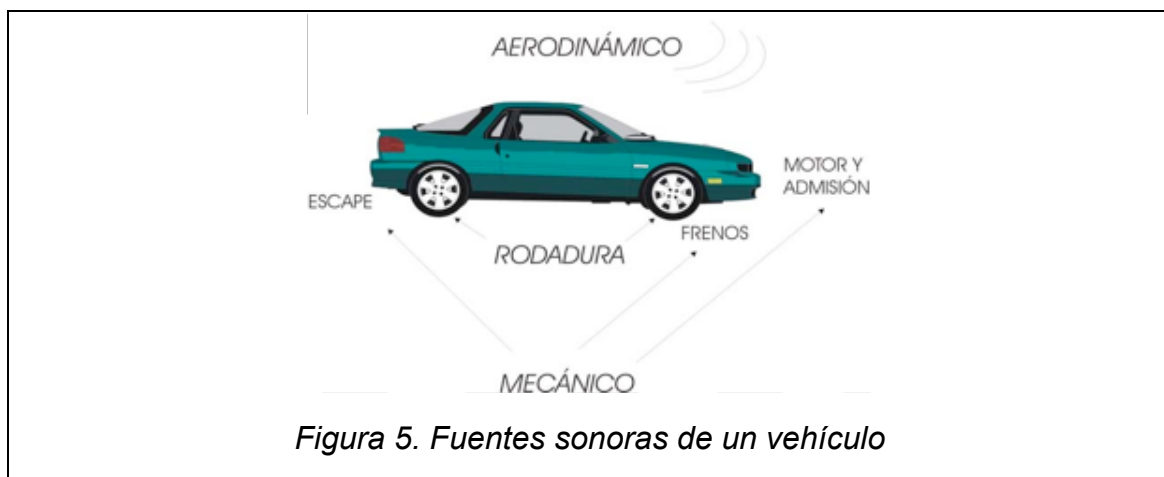


Figura 5. Fuentes sonoras de un vehículo

1.2.1.1. Ruido mecánico

Los vehículos generan ruido en función de sus condiciones de operación ligadas al sistema de propulsión como el motor, el tubo de escape, la válvula de admisión, el ventilador, la bomba de aire, entre otros. (Munive Benites, 2016, p. 27). Estas son las fuentes preponderantes a bajas velocidades.

1.2.1.2. Ruido de rodadura o de contacto neumático-calzada

La interacción de las llantas con la calzada (asfalto, adoquín, concreto, etc.) es lo que produce ruido relacionado directamente con la velocidad de rodadura. Esto resulta de la vibración del neumático y del escape de aire de los surcos de la rueda cuando esta gira. (Harris, 1998, p. 48.9).

Segués Echazarreta (2007, p. 4-5) indica que en la generación de este ruido intervienen varios fenómenos, de índole compleja, entre los que cabe destacar:

- Las vibraciones y radiaciones del toro del neumático. Afecta a las bajas frecuencias y afecta al confort del interior del vehículo.
- Los procesos de deslizamiento y adherencia sucesivos de los relieves del neumático en las proximidades del punto de contacto neumático calzada.
- Las succiones de las bolsas de aire aprisionadas entre la calzada y los relieves de los neumáticos.
- Las turbulencias inducidas por los relieves del neumático.
- El ruido radiado por el pavimento "excitado" por la fuerza del contacto con el neumático.

El ruido producido por estos fenómenos (neumático-calzada), se localiza al nivel de la calzada. La calzada puede absorber o no gran parte del ruido.

1.2.1.3. Ruido aerodinámico

A velocidades altas, el ruido originado por fricción del aire con la carrocería del vehículo comienza a adquirir importancia y es dependiente de la forma de la carrocería del vehículo.

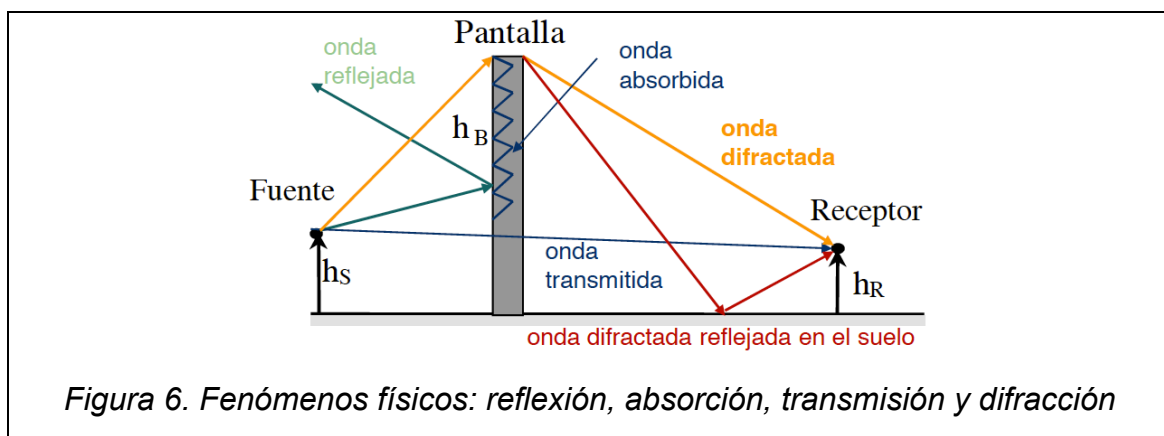
1.2.2. Pantallas o barreras acústicas

Las pantallas o barreras acústicas empleadas para control de ruido son objetos de tamaño considerable respecto a la longitud de onda, que obstaculiza la trayectoria recta de la propagación sonora entre una fuente acústica y un

receptor (Olmos Cancino, 2002, p. 20), cuyo objetivo es reducir el ruido en la zona de recepción.

Los fenómenos que se producen en el camino de la onda acústica con la inserción de una barrera acústica son:

- Reflexión: parte de la energía de la onda acústica propagada se refleja en la superficie de la barrera.
- Absorción: parte de la energía no reflejada se transforma en calor al ser absorbida por la barrera.
- Transmisión: parte de la energía no reflejada se transmite a través de la barrera.
- Difracción: parte de la energía se difracta por los bordes superior y laterales de la barrera. El fenómeno de difracción de una onda se produce cuando al chocar con una superficie abierta de un obstáculo, ésta lo rodea y/o cambia su dirección de propagación. Se debe considerar que la transmisión de la onda acústica a través de la barrera sea despreciable comparado con la difracción por los bordes.



La zona protegida acústicamente por la barrera, se denomina zona de sombra, y la atenuación que proporciona, denominada pérdida por inserción, es la disminución del nivel de presión sonora en el punto o zona considerada por la interposición de la barrera, respecto al nivel existente antes de su instalación,

siendo sus valores habitualmente positivos para la emisión de ruido aleatorio. (Olmos Cancino, 2002, p. 20).

La pérdida por inserción IL (*Insertion Loss*) indica cuanto nivel de presión sonora ha atenuado la barrera. Se define como la diferencia entre el nivel de presión sonora en el lugar del receptor sin barrera acústica y el nivel de presión sonora en el lugar del receptor con barrera acústica.

$$IL = NPS_{\text{sin barrera}} - NPS_{\text{con barrera}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

2. Diseño de la experiencia psicoacústica

Para determinar que tipo de pantalla acústica produce mayor reducción de la molestia causada por ruido de tráfico se simuló en Matlab método de diferencias finitas en el dominio del tiempo, (*Method of finite difference time domain*), llamado FDTD por sus siglas en inglés, dos tipos de pantallas: una simple y otra basada en cristales de sonido.

Para la simulación se determinaron las siguientes características:

- Velocidad del sonido: 341 m/s. Densidad del aire: 1,21 kg/m³.
- Dimensiones del espacio de simulación 2D: 7 metros de largo por 4,5 metros de altura.
- Longitud del PML: 25
- Fuente de ruido: ubicada a 0,5 metros del punto de origen, a una altura de 0,5 metros emitiendo un impulso.
- Receptores: se ubicaron cinco receptores separados 0,5 metros entre sí, el primero a 4,5 metros del punto de origen y a una altura de 1,5 metros.

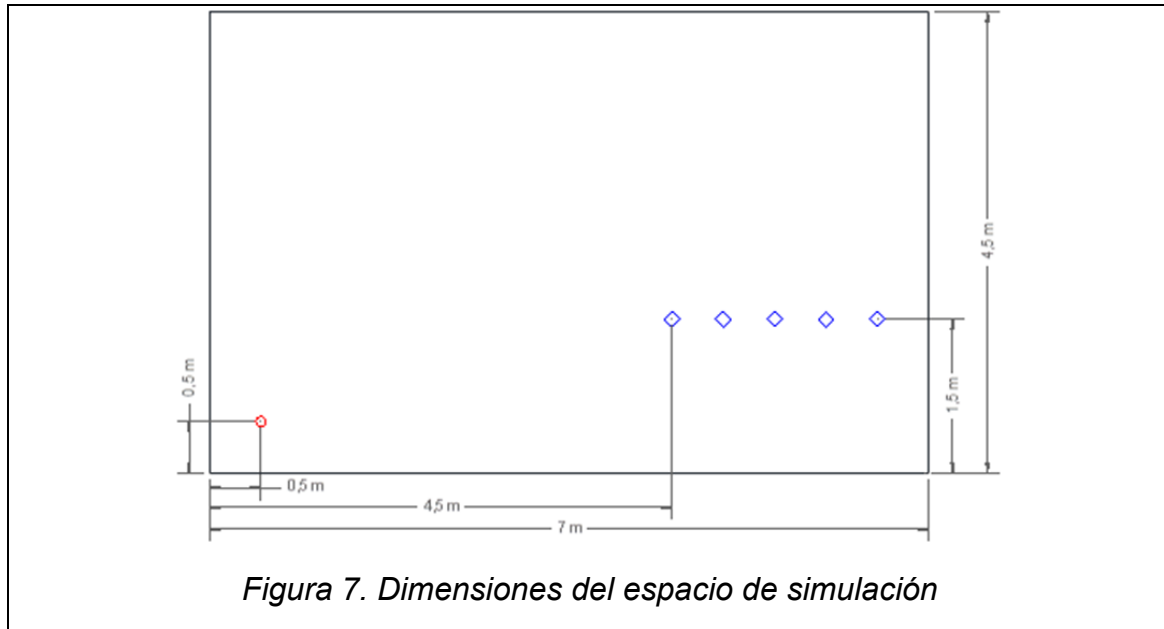


Figura 7. Dimensiones del espacio de simulación

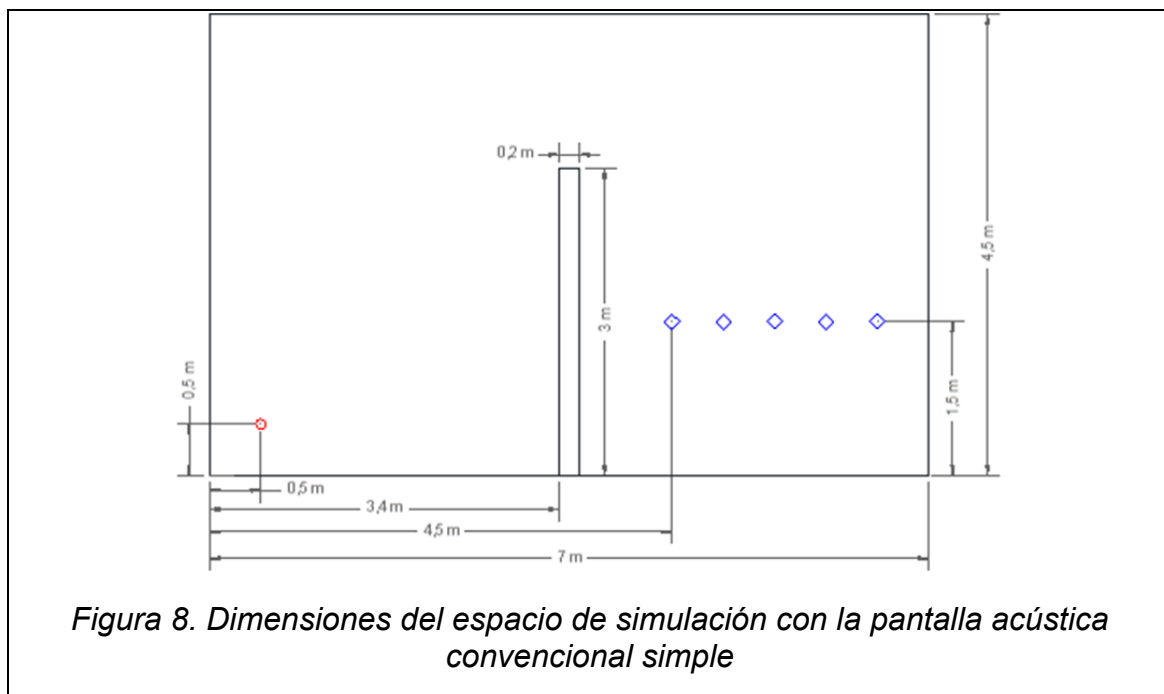
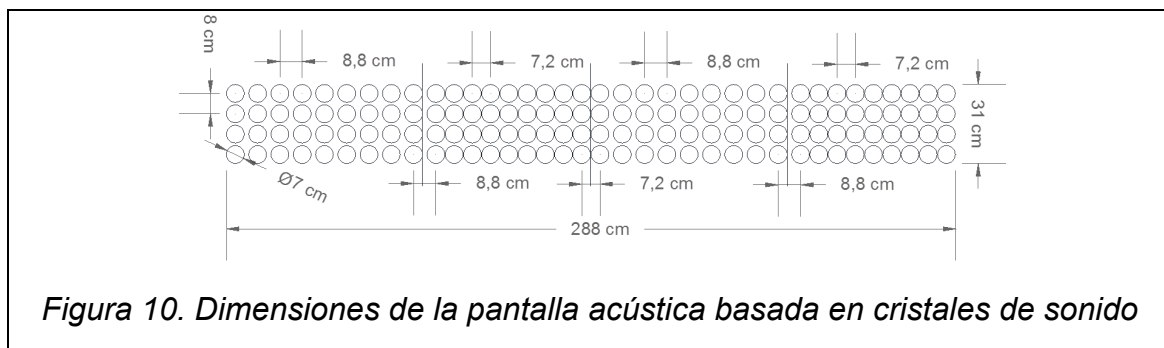
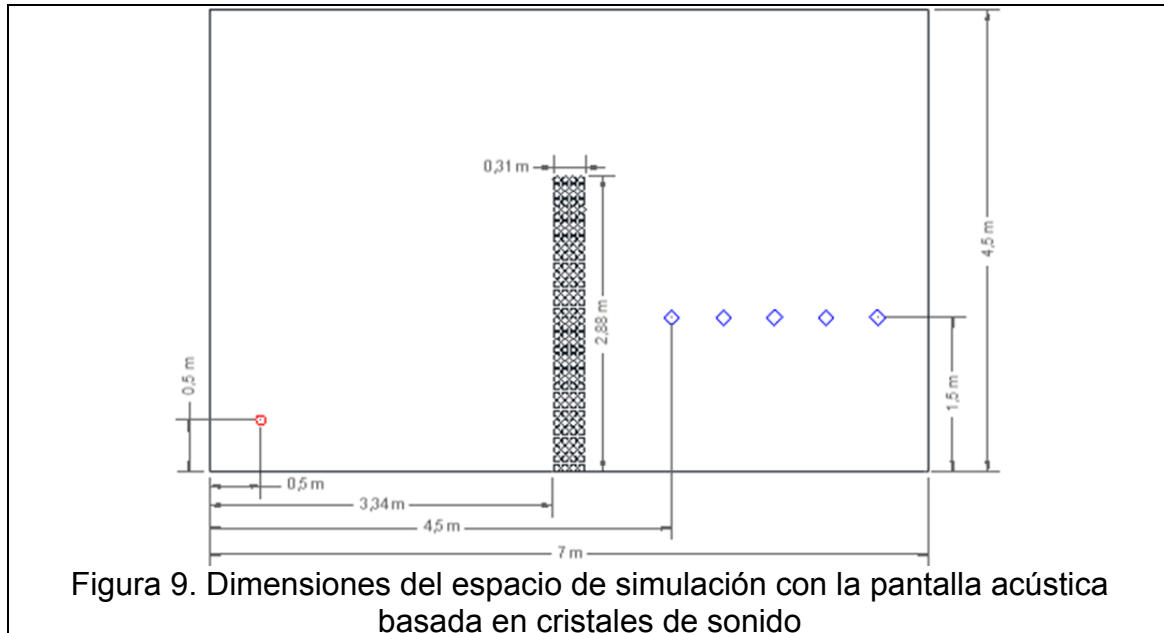


Figura 8. Dimensiones del espacio de simulación con la pantalla acústica convencional simple



Para establecer la pérdida por inserción de cada pantalla, inicialmente se genera el impulso en el espacio sin ubicar la pantalla (figura 7), posteriormente se genera el mismo impulso con la pantalla ubicada (figuras 8 y 9). Este análisis se realiza en tercios de octava.

Por otra parte se realizan grabaciones de ruido de tráfico en puntos clave de la ciudad para tener situaciones reales y representativas. Los lugares donde se tomaron las muestras son:

1. Frente a Mediamarkt/CC Plaza Mayor Gandia Av.Blasco Ibáñez, S/N, 46701 Gandia, Valencia.
Límite de velocidad para vehículos livianos: 20 km/h
Tipo de ruido: mecánico
2. A 100 metros de la rotonda Av.Blasco Ibáñez, S/N, 46701 Gandia, Valencia.
Límite de velocidad para vehículos livianos: 50 km/h.
Tipo de ruido: de rodadura
3. A 200 metros de la rotonda Cami Vell de València CV-605, 46730 Gandia, Valencia.
Límite de velocidad para vehículos livianos: 90 km/h.
Tipo de ruido: de rodadura

Una vez obtenidas las muestras de ruido se procesan estas señales, primero se hace un análisis espectral para obtener información de la señal por bandas de tercio de octava, y luego se aplica la pérdida por inserción obtenida anteriormente con la simulación en Matlab de cada una de las pantallas acústicas. Obteniendo así:

- 3 muestras ruido original.
- 3 muestras con apantallamiento tradicional.
- 3 muestras con apantallamiento basado en cristales de sonido.

A continuación se diseñó una encuesta sencilla para determinar que tipo de pantalla acústica genera mayor reducción de ruido.

Como datos generales se preguntó el sexo y la edad. El diseño de la encuesta de la comparación es del tipo de experiencia psicoacústica ABC test.

- Opción A corresponde a la muestra de ruido de tráfico original.
- Opción B corresponde a la muestra de ruido con la pantalla acústica convencional simple
- Opción C corresponde a la muestra de ruido con la pantalla acústica basada en cristales de sonido.

Se realizan tres tipos de comparaciones en función de la molestia causada. La primera comparación A-B, la segunda A-C y la tercera B-C, adicionalmente se debe calificar en una escala del 1 al 5, (siendo 1 poco molesto y 5 muy molesto), el ruido seleccionado como más molesto de cada comparación. Estas comparaciones se realizan tres veces, una por cada lugar donde se grabó la muestra de ruido representativa, numeradas del 1 al 3 anteriormente.

La herramienta utilizada para realizar las encuestas es Formularios de Google que recopila las respuestas automáticamente en un libro de Excel, a partir del cual se realiza el análisis de datos y resultados.

La escala empleada para la valoración subjetiva la molestia se define de la siguiente manera:

1. Poco molesto
2. Moderadamente molesto
3. Medianamente molesto
4. Bastante molesto
5. Muy molesto

Molestia causada por ruido de tráfico

*Obligatorio

Sexo *

Hombre

Mujer

Edad *

Tu respuesta _____

SIGUIENTE

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Molestia causada por ruido de tráfico

*Obligatorio

1

Opción A

Opción A 1
OPCIÓN A

Opción B

Opción B 1
OPCIÓN B

Opción C

Opción C 1
OPCIÓN C

Comparación 1

¿Qué ruido te parece más molesto? *

Opción A

Opción B

¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado? *

1 2 3 4 5

Poco molesto Muy molesto

Comparación 2

¿Qué ruido te parece más molesto? *

Opción A

Opción C

¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado? *

1 2 3 4 5

Poco molesto Muy molesto

Comparación 3

¿Qué ruido te parece más molesto? *

Opción B

Opción C

¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado? *

1 2 3 4 5

Poco molesto Muy molesto

Figura 11. Diseño de la encuesta empleada para evaluar de la reducción de la molestia del ruido de tráfico causada por pantallas acústicas

3. Análisis de resultados

3.1. Realización de las encuestas

Como se detalla anteriormente en el apartado 1.1.5. Sonoridad, a mayor nivel de la señal sonora más plana se vuelve la respuesta en frecuencia del oído. En base a este principio las condiciones de la realización de la encuesta son exactamente las mismas para los encuestados. Se emplearon un par de audífonos AKG K44 y un iPad que reproducía las muestras de audio con el mismo nivel de presión sonora, idéntico para todos los sujetos.

Es importante destacar que ninguno de los encuestados tenía conocimientos sobre el audio correspondiente a cada muestra, con el fin de evitar pre disposiciones que invaliden los resultados.

Se realizaron cuarenta encuestas, con este número fue suficiente para determinar la tendencia de las valoraciones.

	Encuestas	Rango de edad
Hombres	24	21-72
Mujeres	16	22-71
Total	40	21-72

Tabla 2. Datos generales de las encuestas realizadas

3.2. Análisis general

En este apartado se analizan los resultados obtenidos de manera general, es decir sin discriminación de sexo ni edad. Se analiza cada opción disponible en función de la muestra de ruido representativa.

3.2.1. Molestia causada por ruido de origen mecánico.

Muestra tomada frente a Mediamarkt/CC Plaza Mayor Gandia Av. Blasco Ibáñez

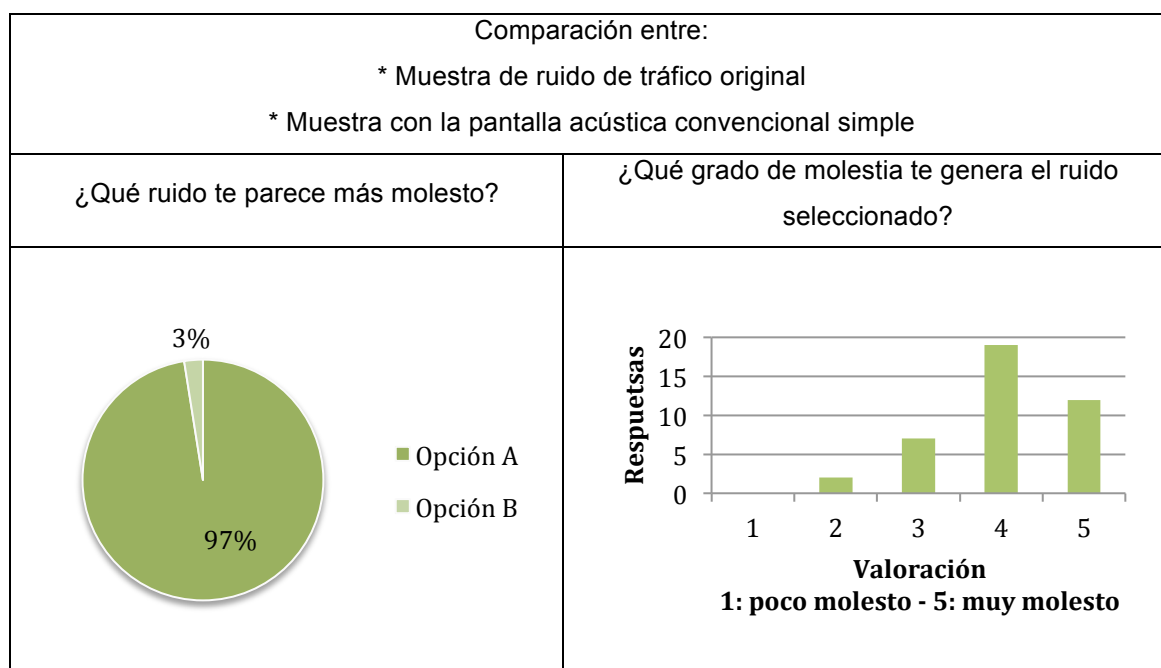


Figura 12

En la figura 12 se indica la comparación entre muestra de ruido de tráfico original con las muestras con la pantalla acústica convencional simple. El primero, genera mayor molestia, considerado así por el 97% de los encuestados, de los cuales, el 47,5% lo valoran como un ruido bastante molesto calificándolo con un 4/5, seguido por un 30% que lo valoran como muy molesto, calificándolo con un 5/5.

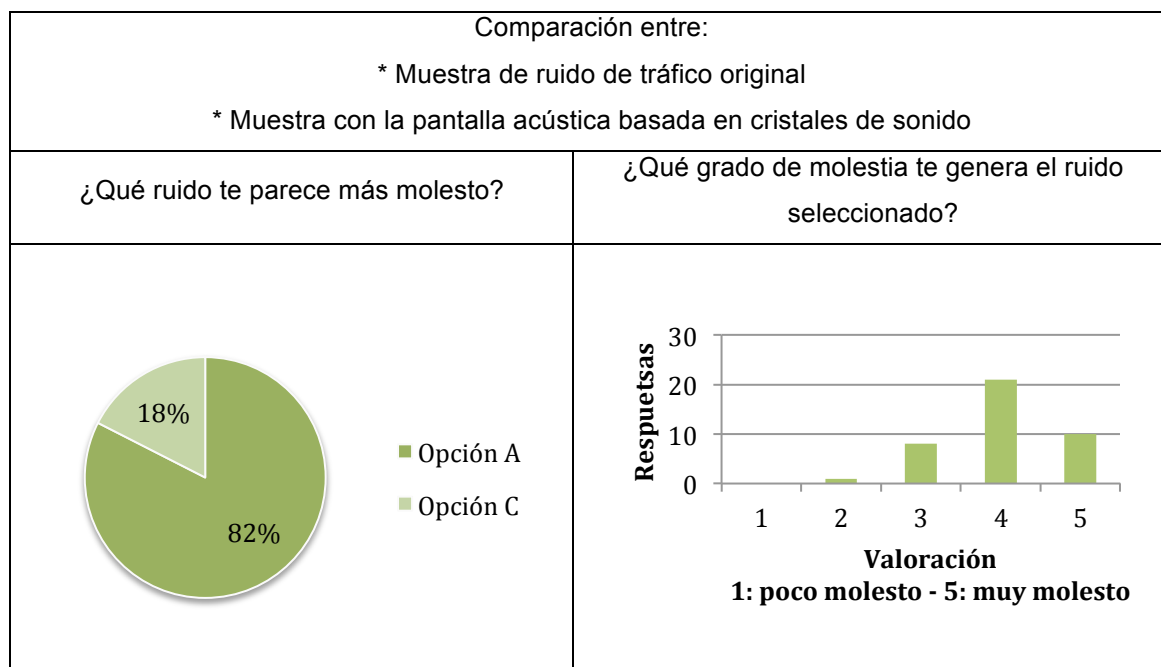


Figura 13

En la figura 13 se indica la comparación entre muestra de ruido de tráfico original con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido. El primero, genera mayor molestia, considerado así por el 82% de los encuestados, de los cuales, el 52,5% lo valoran como un ruido bastante molesto calificándolo con un 4/5, seguido por un 25% que lo valoran como muy molesto, calificándolo con un 5/5.

Como era de esperar, los valores obtenidos en las figura 12 y 13 avalan la afirmación que el ruido de tráfico sin aplicar medidas correctoras, como pantallas acústicas, genera mayor molestia en los encuestados, que las muestras con las diferentes pantallas acústicas.

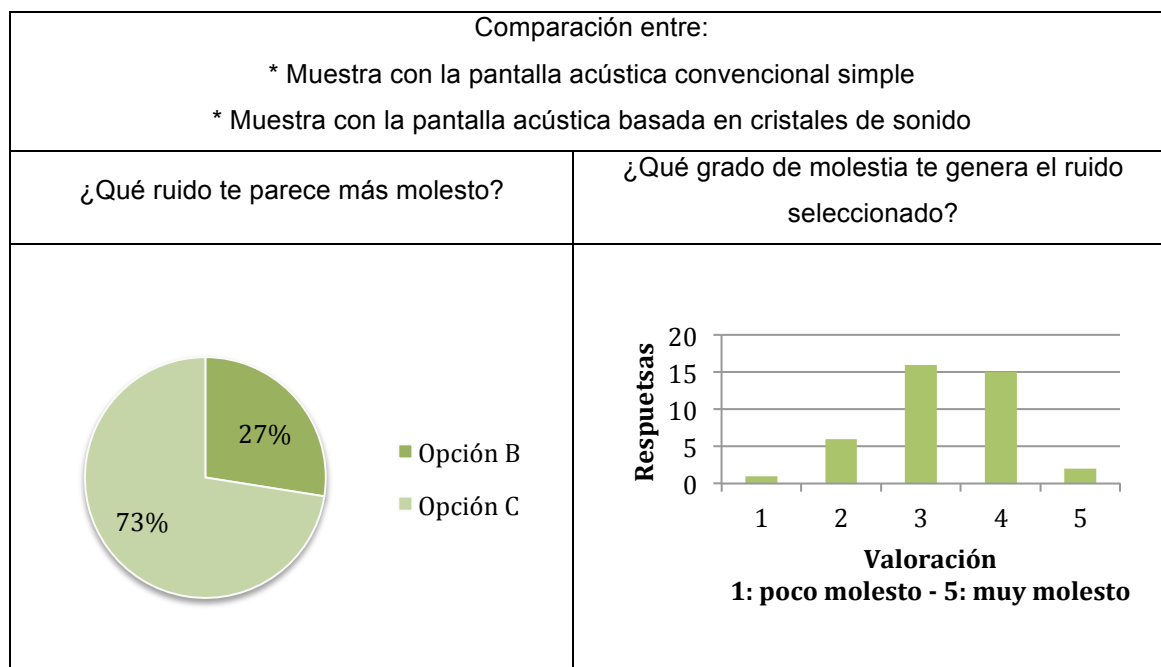


Figura 14

En la figura 14 se realiza la comparación las muestras de la pantalla acústica convencional simple con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido, el 73% de los encuestados indicaron que muestra con la pantalla basada en cristales de sonido causa mayor molestia, lo que indica que la pantalla convencional simple atenúa en mayor nivel el ruido de tráfico rodado. Es importante mencionar que la molestia causada por la muestra de la pantalla basada en cristales de sonido es valorada como medianamente molesta por el 40% de los sujetos, calificada con un 3/5. Seguida por un 37,5% que la valoran como bastante molesta, calificándola con un 4/5.

3.2.2. Molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 50 km/h.

Muestra tomada A 100 metros de la rotonda Av. Blasco Ibáñez

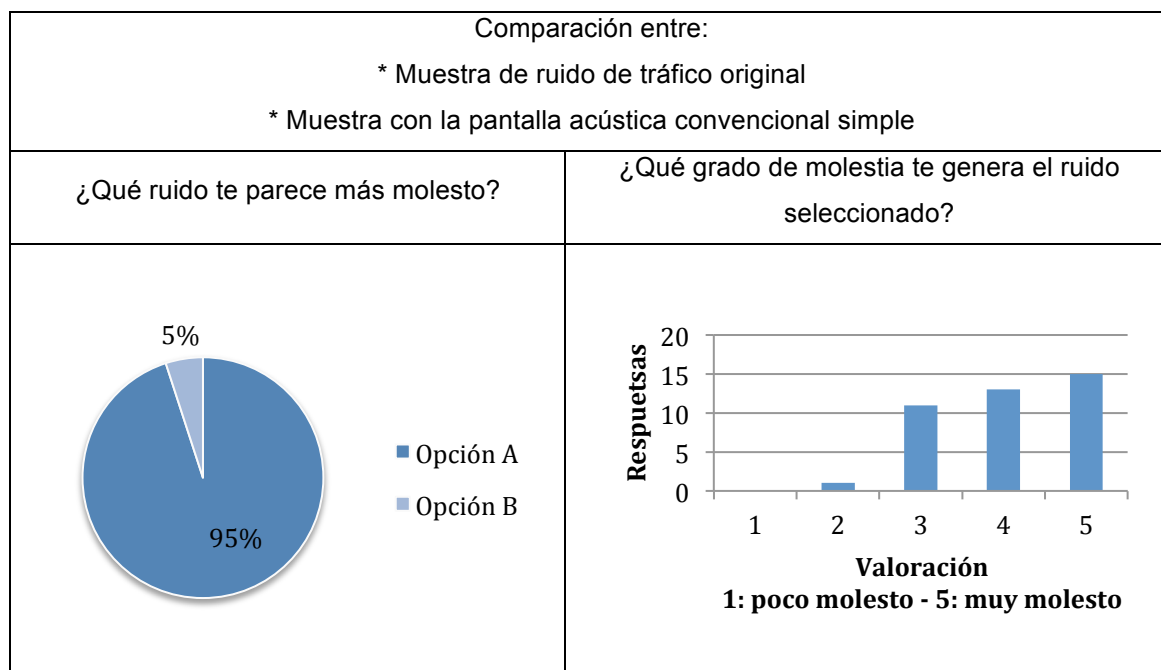


Figura 15

Se puede observar en la figura 15, la comparación entre muestra de ruido de tráfico original con las muestras con la pantallas acústicas convencional simple. La primera genera mayor molestia, considerado así por el 95% de los encuestados, quienes a su vez lo valoran como un ruido muy molesto calificándolo con un 5/5, siendo así para el 37,5%. Seguido por una valoración bastante molesta por el 32,5% de los encuestados con una calificación de 4/5.

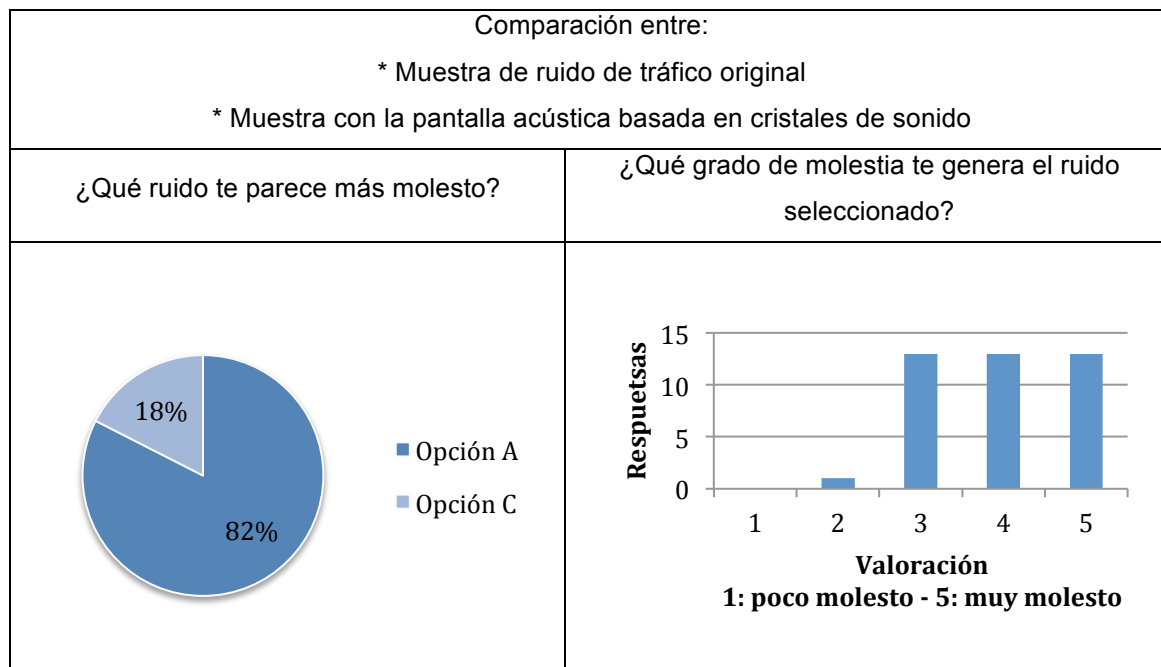


Figura 16

En la figura 16 se indica la comparación entre muestra de ruido de tráfico original con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido. El primero, genera mayor molestia, considerado así por el 82% de los encuestados, pero se observa una situación particular, los encuestados ciertamente seleccionan el ruido de tráfico más molesto, pero la valoración subjetiva está comprendida entre medio molesta (3/5) a muy molesta (5/5), donde cada valor tiene un 32,5% de respuestas.

Como era de esperar, los valores obtenidos en las figuras 15 y 16 avalan la afirmación que el ruido de tráfico sin aplicar medidas correctoras, como pantallas acústicas, genera mayor molestia en los encuestados, que las muestras con las diferentes pantallas acústicas.

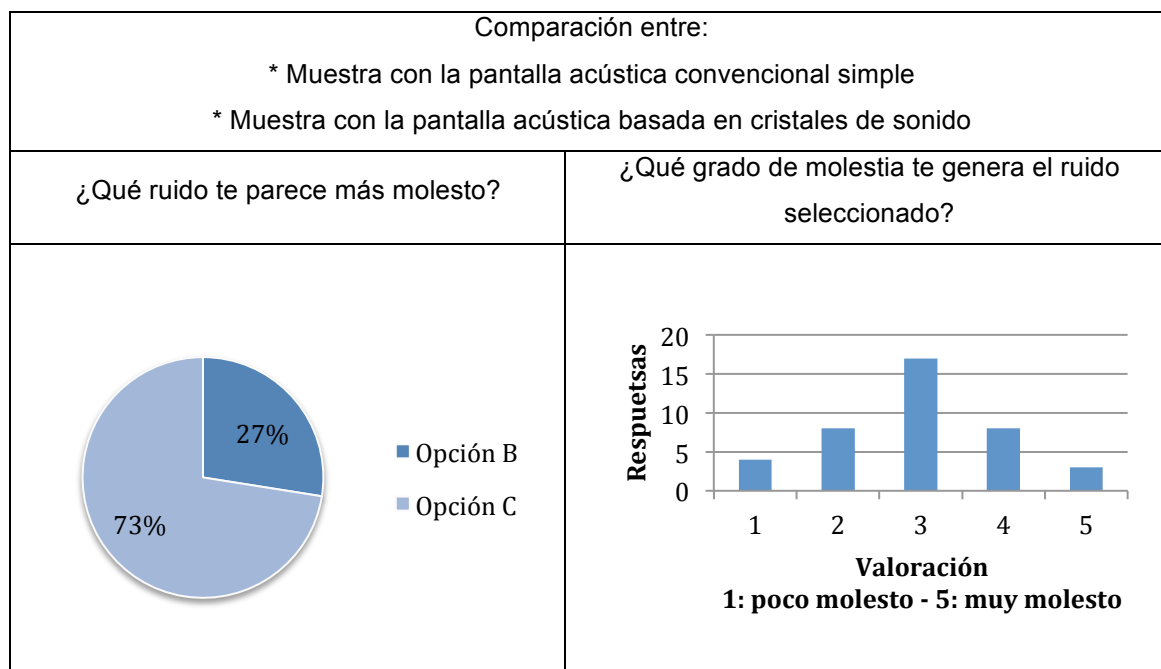


Figura 17

Comparando las muestras de la pantalla acústica convencional simple con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido, como se indica en la figura 17, el 73% los encuestados indican que muestra con la pantalla basada en cristales de sonido causa mayor molestia, lo que indica que la pantalla convencional simple atenúa en mayor nivel el ruido de tráfico rodado. Es importante mencionar que la molestia causada por la muestra de la pantalla basada en cristales de sonido es valorada como medianamente molesta, calificada con un 3/5, por un 42,5% de los encuestados.

3.2.3. Molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 90 km/h.

Muestra tomada A 200 metros de la rotonda Cami Vell de València

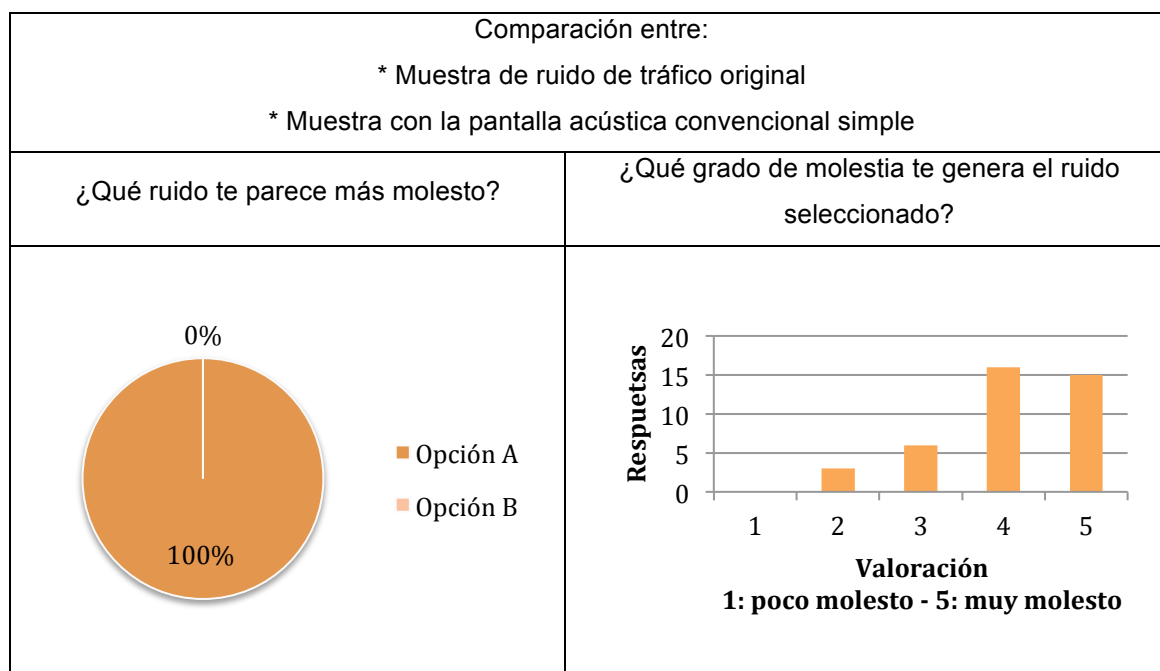


Figura 18

En la figura 18, se indica la comparación entre muestra de ruido de tráfico original con la muestra de la pantalla acústica convencional simple, la primera genera mayor molestia, considerado así por el 100% de los encuestados, quienes a su vez lo valoran como un ruido bastante molesto calificándolo con un 4/5, siendo así para el 40%. Seguido por una valoración muy molesta por el 37,5% de los encuestados con una calificación de 5/5.

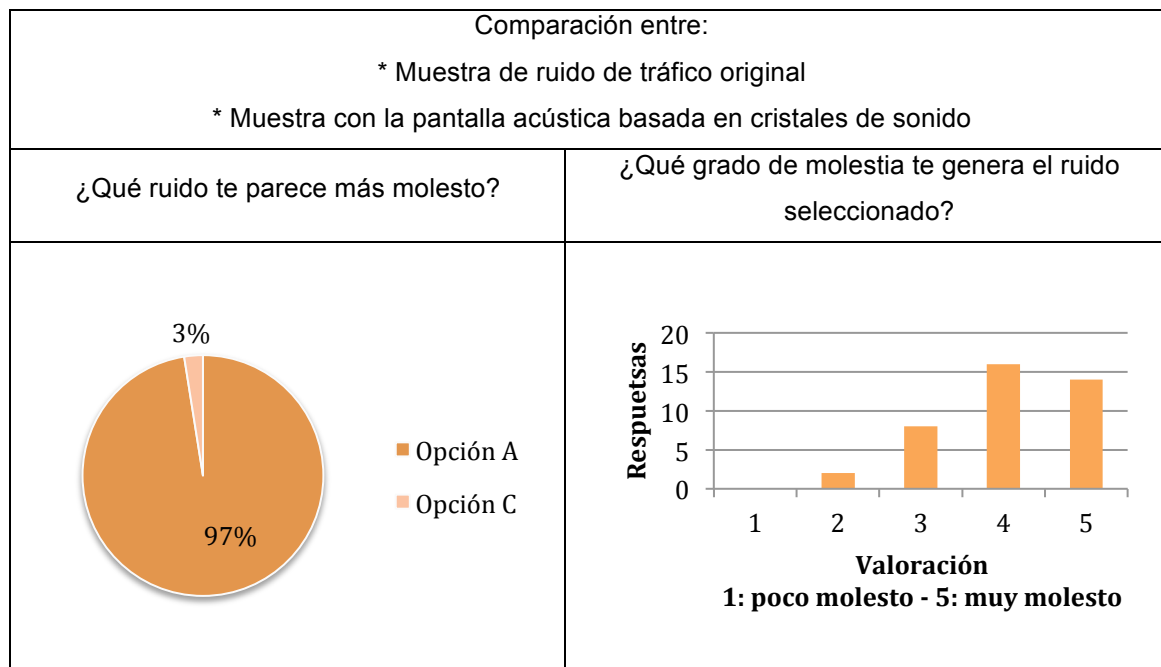


Figura 19

En la figura 19 se indica la comparación entre muestra de ruido de tráfico original con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido. El primero, genera mayor molestia, considerado así por el 97% de los encuestados, de los cuales, el 40% lo valoran como un ruido bastante molesto calificándolo con un 4/5, seguido por un 35% que lo valoran como muy molesto, calificándolo con un 5/5.

Como era de esperar, los valores obtenidos en las figuras 18 y 19 avalan la afirmación que el ruido de tráfico sin aplicar medidas correctoras, como pantallas acústicas, genera mayor molestia en los encuestados, que las muestras con las diferentes pantallas acústicas.

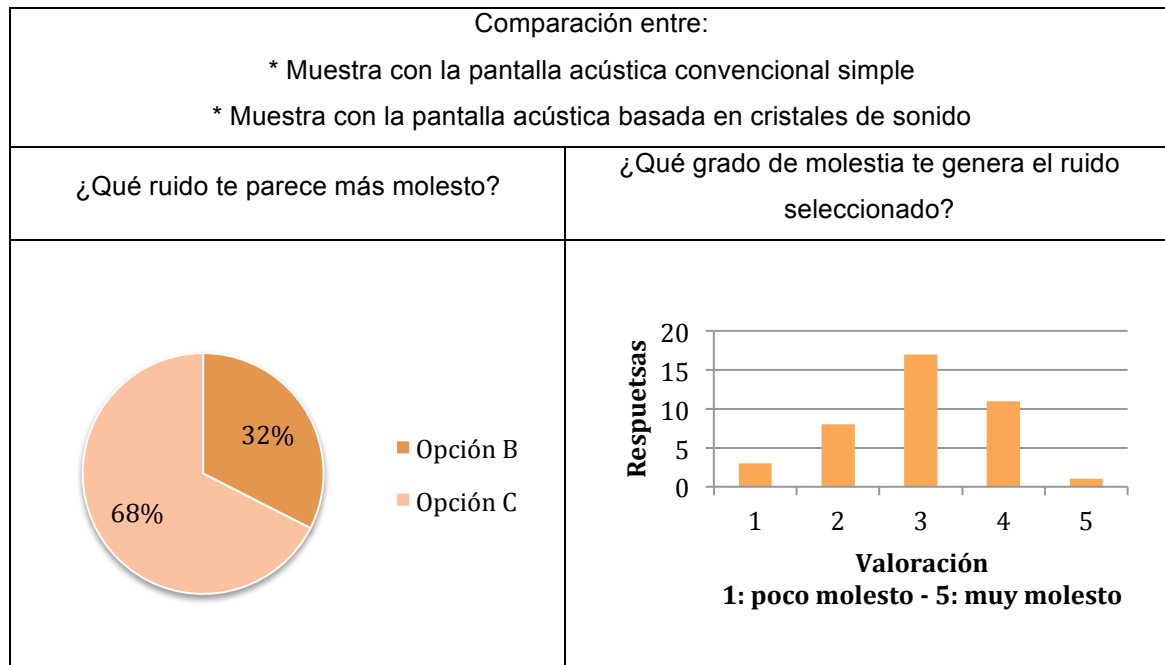


Figura 20

Comparando las muestras de la pantalla acústica convencional simple con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido, como se indica en la figura 20, el 68% de los encuestados indican que muestra con la pantalla basada en cristales de sonido causa mayor molestia, lo que indica que la pantalla convencional simple atenúa en mayor nivel el ruido de tráfico rodado. Es importante mencionar que la molestia causada por la muestra de la pantalla basada en cristales de sonido es valorada como medianamente molesta, calificada con un 3/5 por el 42,5% de los encuestados. Seguido por una valoración bastante molesta (4/5), considerado así por el 27,5% de la muestra.

3.3. Análisis por sexos

3.3.1. Molestia causada por ruido de origen mecánico.

Muestra tomada frente a Mediamarkt/CC Plaza Mayor Gandia Av. Blasco Ibáñez

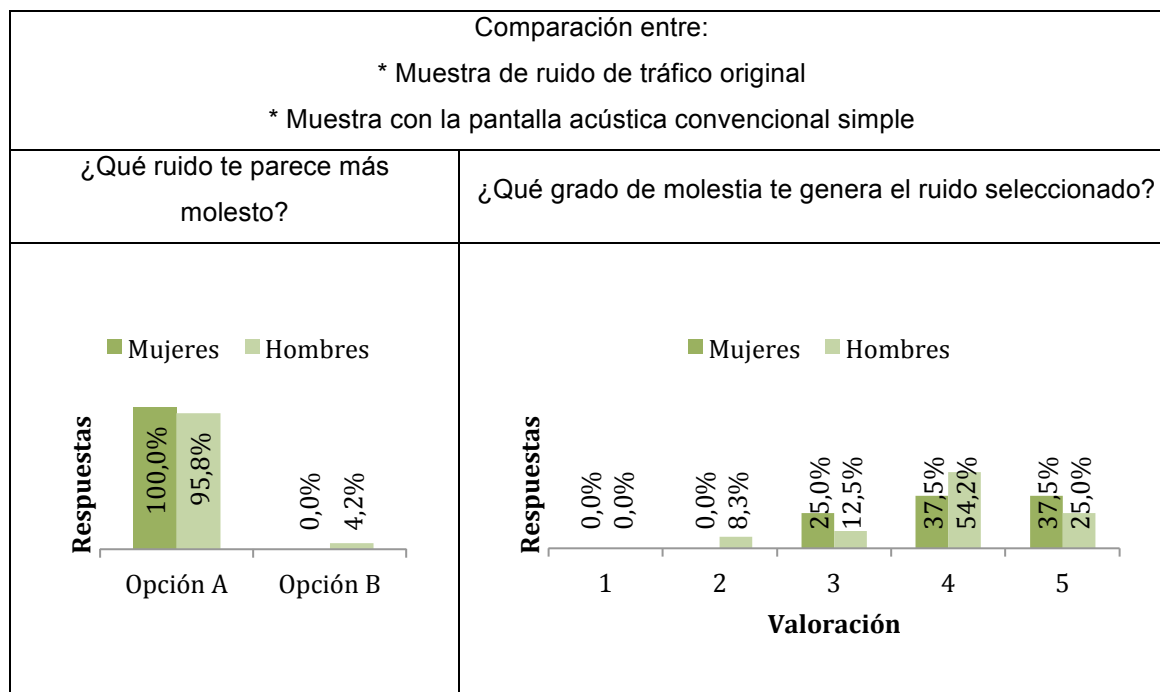


Figura 21

En la figura 21 se puede apreciar que la comparación entre muestra de ruido de tráfico original con la muestra con la pantalla acústica convencional simple, la primera muestra está considerada más molesta por ambos sexos (100% de mujeres y 95,8% de hombres). La valoración subjetiva es equitativa entre bastante molesta y muy molesta considerada así por la mayoría de mujeres encuestadas (37,5% por cada valoración), así mismo, está considerada como bastante molesta por el 54,2% de hombres encuestados.

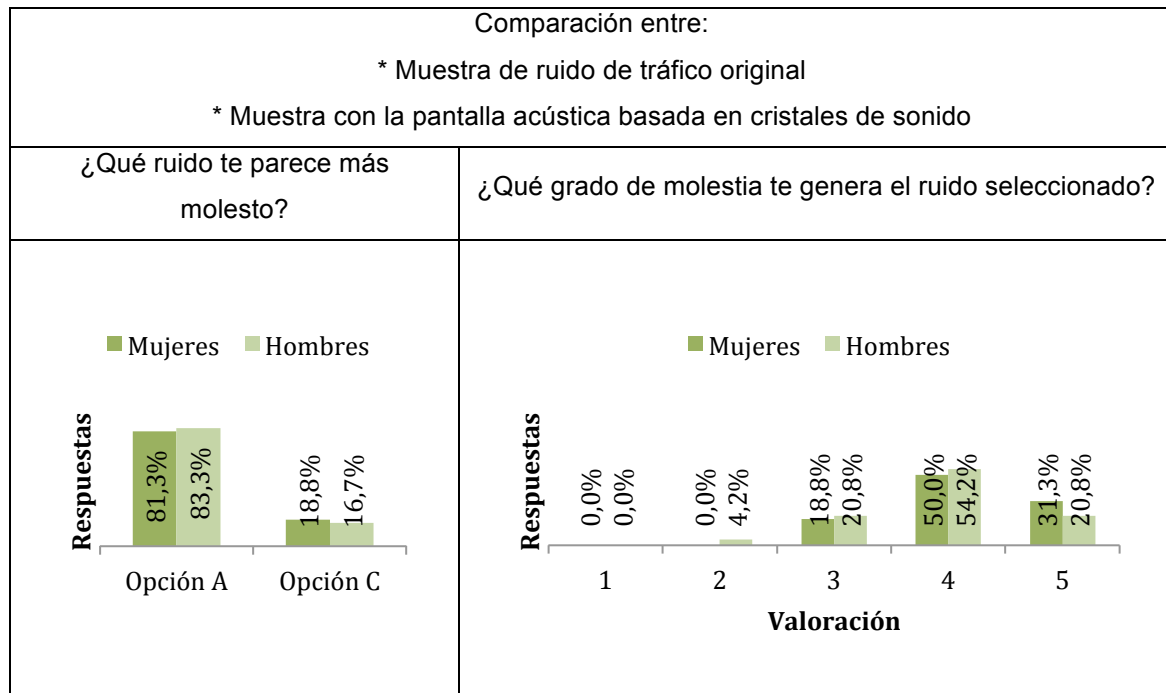


Figura 22

En la figura 22 se aprecia la comparación de la muestra de ruido de tráfico original con la muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido, la primera muestra está considerada más molesta por ambos sexos (81,3% de mujeres y 83,3% de hombres). La valoración subjetiva está considerada como bastante molesta por el 50% de mujeres encuestadas, seguida por una valoración muy molesta, considerada así por el 31,3% de encuestadas. En el caso de los hombres, el 54,2% consideran la primera muestra como bastante molesta.

Como era de esperar, los valores obtenidos en las figuras 21 y 22 avalan la afirmación que el ruido de tráfico sin aplicar medidas correctoras, como pantallas acústicas, genera mayor molestia en los encuestados, que las muestras con las diferentes pantallas acústicas.

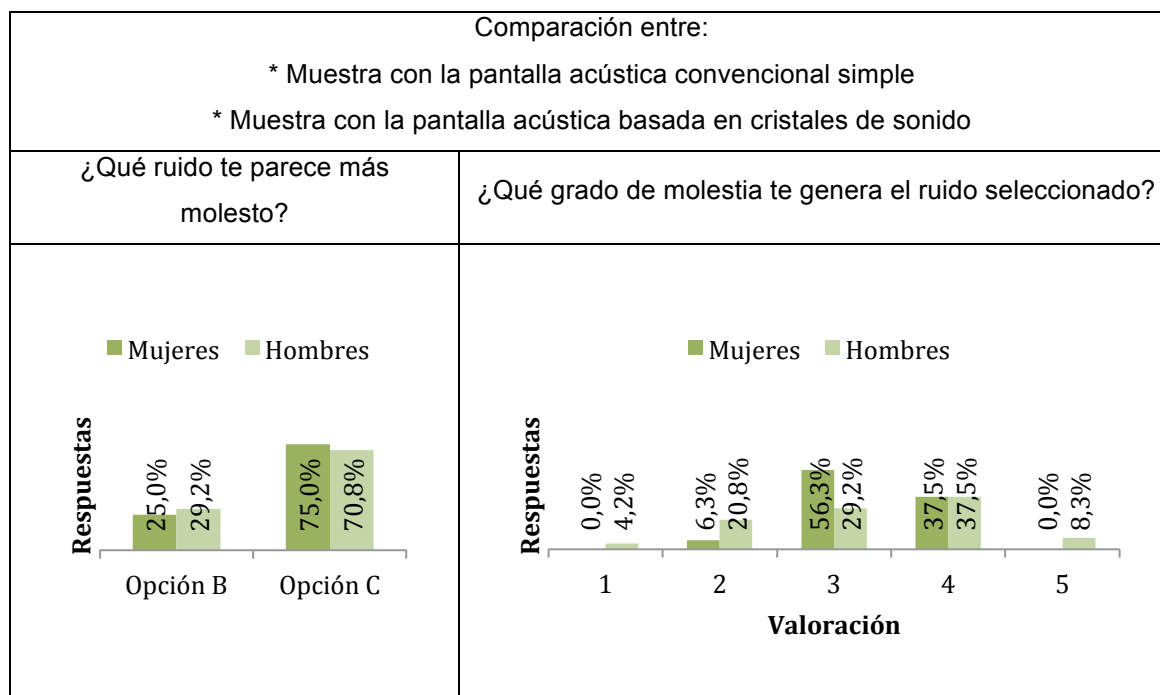


Figura 23

En la figura 23 se indica la comparación de la muestra de la pantalla acústica convencional simple con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido, ambos sexos consideran más molesta la muestra con la pantalla basada en cristales de sonido (75% de mujeres y 70,7% de hombres), lo que indica que la pantalla convencional simple atenúa en mayor nivel el ruido de tráfico rodado. En el caso de las mujeres, consideran en su mayoría (56,3%), que la muestra es medianamente molesta con una calificación de 3/5, seguida por una valoración bastante molesta considerada así por el 37,5% de las encuestadas. Mientras que, en el caso de los hombres, el 37,5%, la consideran bastante molesta valorada con un 4/5, a continuación, con una mínima diferencia, el 29,2% la consideran medianamente molesta con una calificación de 3/5.

3.3.2. Molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 50 km/h.

Muestra tomada A 100 metros de la rotonda Av. Blasco Ibáñez

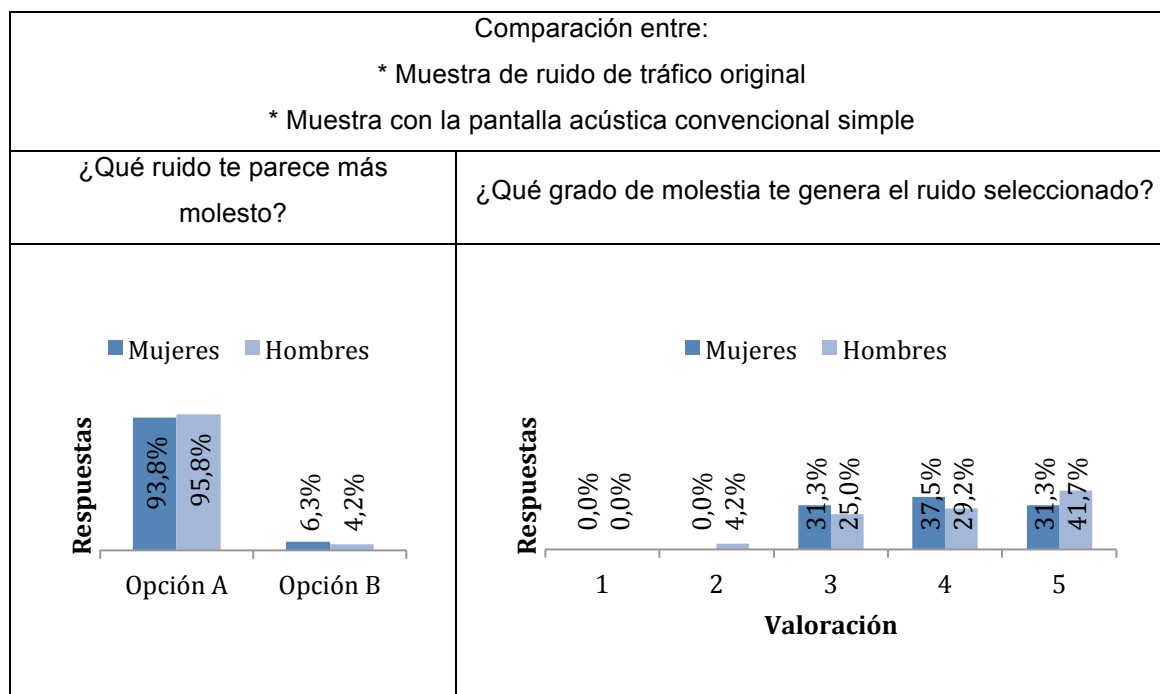


Figura 24

En la figura 24 se indica la comparación entre muestra de ruido de tráfico original con la muestra de la pantalla acústica convencional simple, la primera muestra está considerada más molesta por ambos sexos (93,8% de mujeres y 95,8% de hombres). La valoración subjetiva está considerada bastante molesta por el 37,5% de mujeres encuestadas. Por otra parte, dicha muestra está considerada como muy molesta por el 41,7% de los hombres encuestados, seguida por una valoración bastante molesta, considerada así por el 29,2% de encuestados.

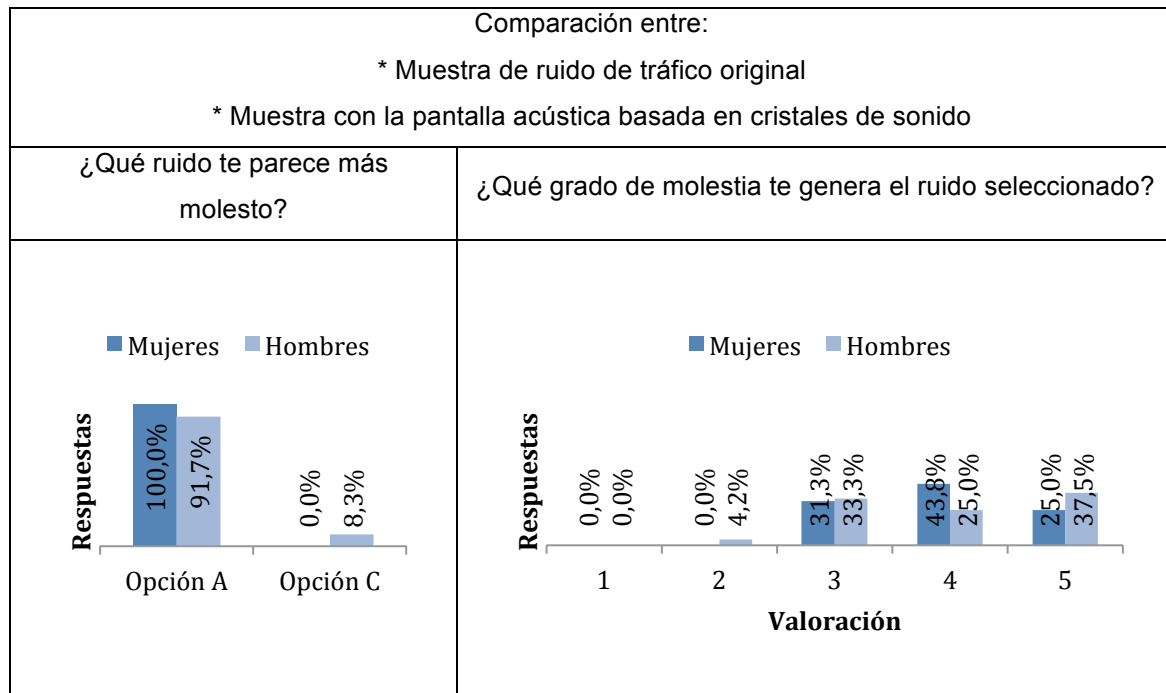


Figura 25

La figura 25 indica la comparación de la muestra de ruido de tráfico original con la muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido, la primera muestra está considerada más molesta por ambos sexos (100% de mujeres y 91,7% de hombres). La valoración subjetiva de la primera muestra está considerada bastante molesta por el 43,8% de mujeres encuestadas, mientras que, en el caso de los hombres, dicha muestra está considerada como muy molesta por el 37,5% de encuestados y a continuación es valorada por el 33,3% de los mismos, como medianamente molesta.

Como era de esperar, los valores obtenidos en las figuras 24 y 25 avalan la afirmación que el ruido de tráfico sin aplicar medidas correctoras, como pantallas acústicas, genera mayor molestia en los encuestados, que las muestras con las diferentes pantallas acústicas.

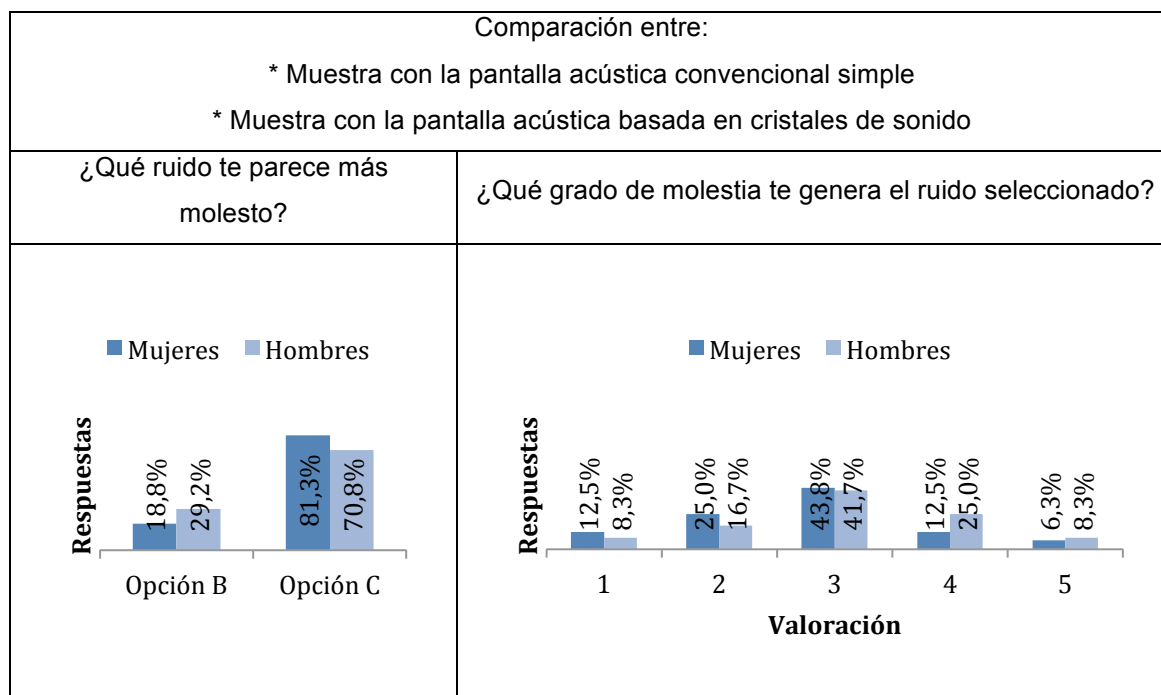


Figura 26

En la comparación de la muestra de la pantalla acústica convencional simple con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido, presentada en la figura 26, ambos sexos consideran más molesta la muestra con la pantalla basada en cristales de sonido (81,3% de mujeres y 70,8% de hombres), lo que indica que la pantalla convencional simple atenúa en mayor nivel el ruido de tráfico rodado. El 43,8% de mujeres, consideran que la muestra es medianamente molesta con una calificación de 3/5. En el caso de los hombres, se presenta la misma tendencia, el 41,7% la considera medianamente molesta, seguida por una valoración de bastante molesta, considerada así por el 25% de encuestados.

3.3.3. Molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 90 km/h.

Muestra tomada A 200 metros de la rotonda Cami Vell de València

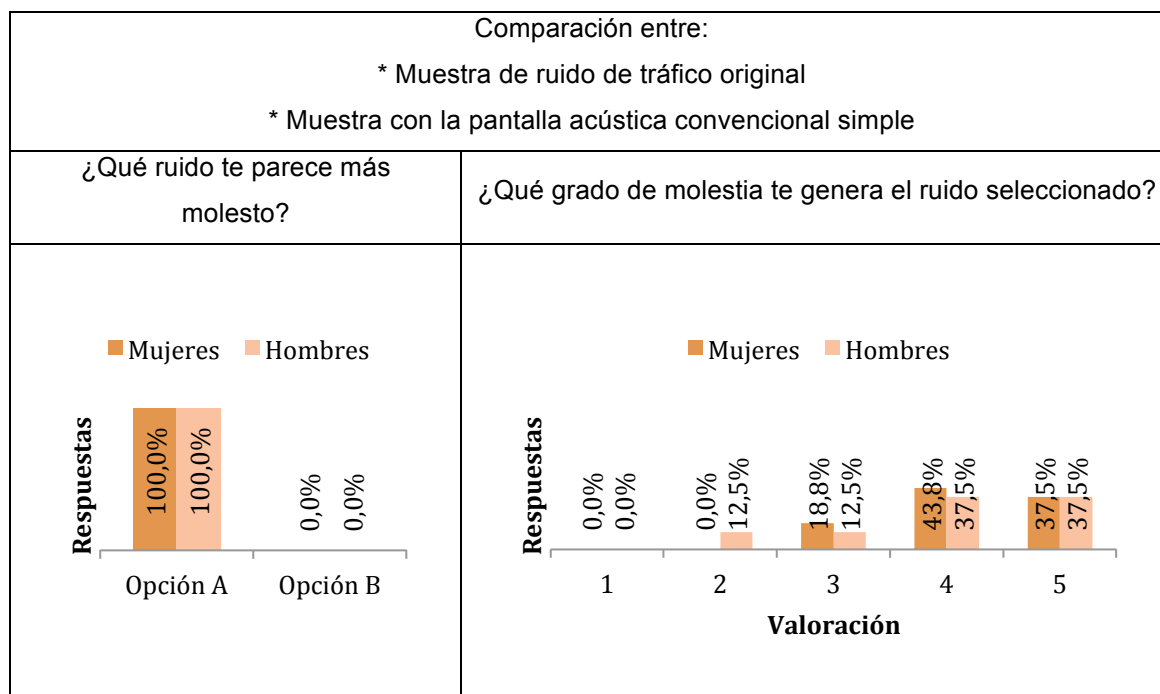


Figura 27

En la figura 27 se aprecia la comparación entre muestra de ruido de tráfico original con la muestra de la pantalla acústica convencional simple, la primera muestra está considerada por el total de los encuestados como ruido molesto. En el caso de las mujeres, el 43,8% lo considera como bastante molesto, valorada consecutivamente como muy molesta por el 37,5% de encuestadas. Los hombres, por otro lado valoran equitativamente la muestra entre bastante molesta y muy molesta (37,5% para cada valoración).

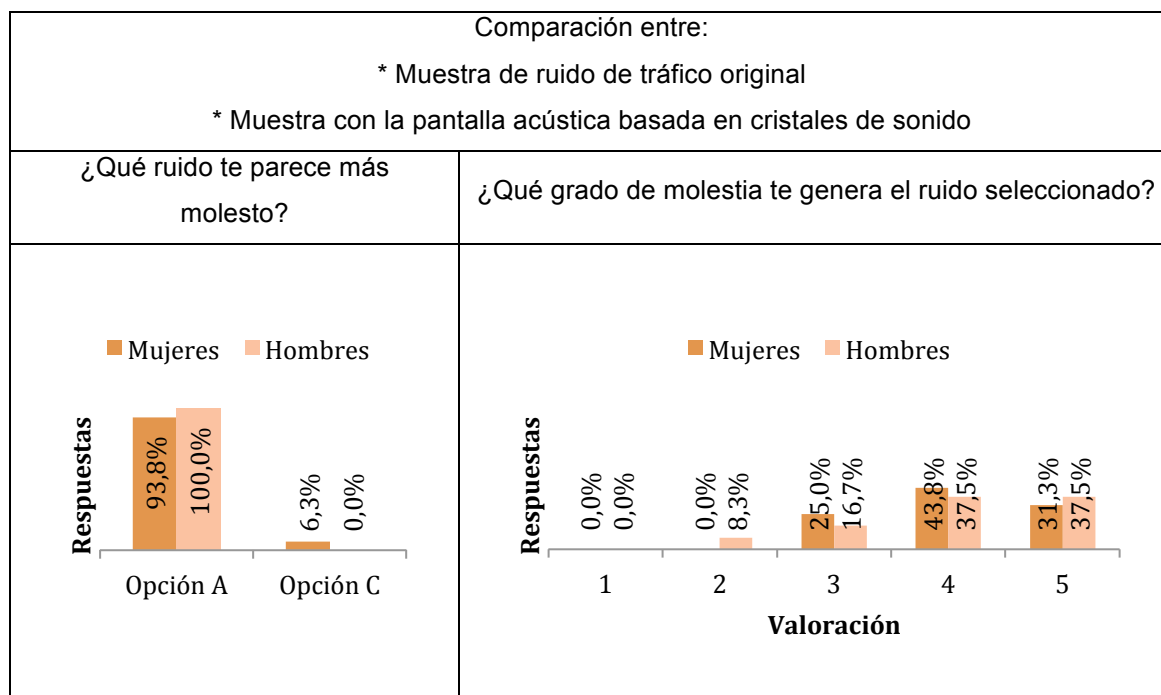


Figura 28

Comparando la muestra de ruido de tráfico original con la muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido, como indica la figura 28, la primera muestra está considerada más molesta por ambos sexos (93,8% de mujeres y 100% de hombres). La valoración subjetiva de la primera muestra está considerada bastante molesta por el 43,8% de mujeres encuestadas, valorada consecutivamente como muy molesta por el 31,3% de encuestadas. Mientras que, en el caso de los hombres, dicha muestra está considerada entre bastante molesta y muy molesta (37,5% para cada valoración).

Como era de esperar, los valores obtenidos en las figuras 27 y 28 avalan la afirmación que el ruido de tráfico sin aplicar medidas correctoras, como pantallas acústicas, genera mayor molestia en los encuestados, que las muestras con las diferentes pantallas acústicas.

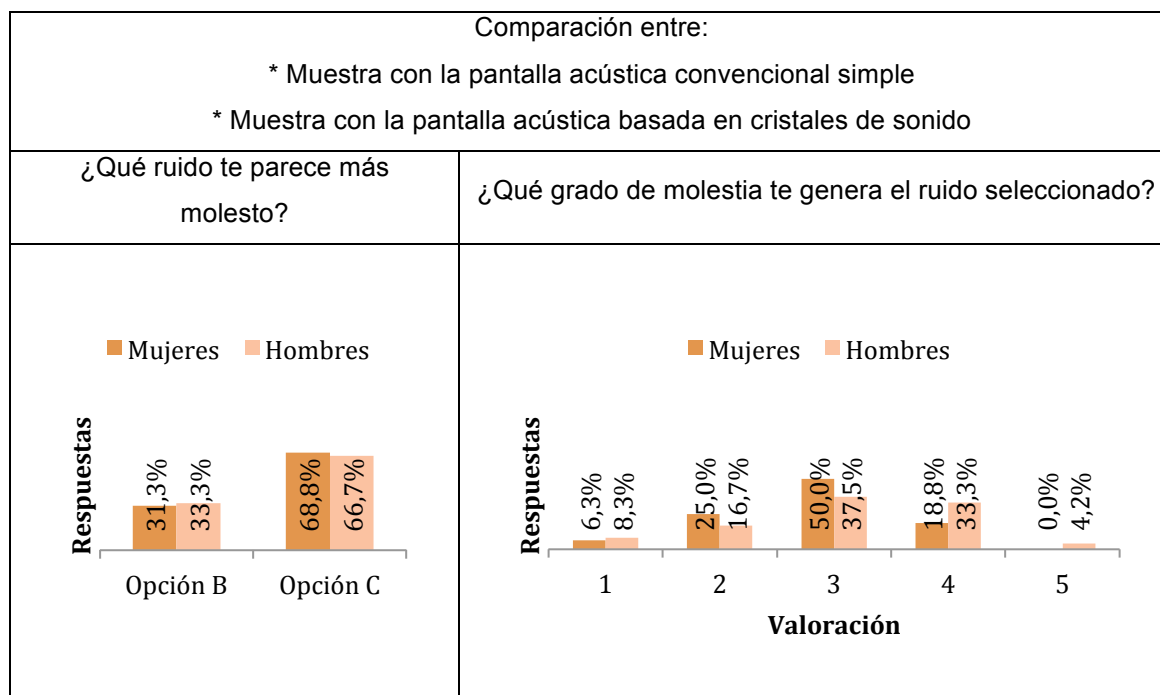


Figura 29

En la comparación de la muestra de la pantalla acústica convencional simple con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido, como se indica en la figura 29, ambos sexos consideran más molesta la muestra con la pantalla basada en cristales de sonido (68,8% de mujeres y 66,7% de hombres), lo que indica que la pantalla convencional simple atenúa en mayor nivel el ruido de tráfico rodado. El 50% de las mujeres, consideran que la muestra es medianamente molesta con una calificación de 3/5. En el caso de los hombres se presenta la misma tendencia en las respuestas, el 37,5% de encuestados la consideran medianamente molesta, valorada consecutivamente como bastante molesta por el 33,3% de hombres.

3.4. Análisis por edad

Para el análisis por edad se separó a los encuestados en tres grupos:

- De 20 a 30 años considerados adultos jóvenes (28 en total).
- De 31 a 59 años considerados adultos o adultos maduros (6 en total).
- A partir de 60 años considerados adultos mayores o de tercera edad (6 en total).

3.4.1. Molestia causada por ruido de origen mecánico.

Muestra tomada frente a Mediamarkt/CC Plaza Mayor Gandia Av.Blasco Ibáñez

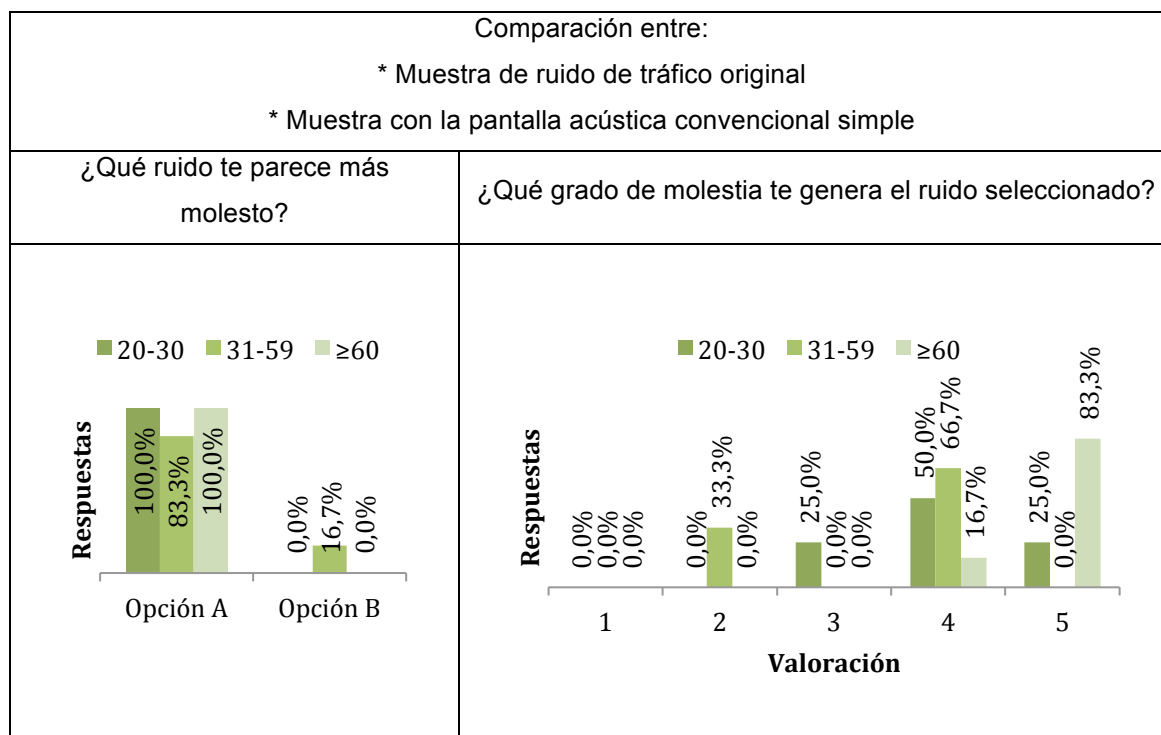


Figura 30

En la figura 30 se aprecia la comparación entre muestra de ruido de tráfico original con la muestra con la pantalla acústica convencional simple, la primera muestra está considerada como más molesta por los tres grupos de encuestados (100% de adultos jóvenes, 83,3% de adultos maduros y 100% de adultos mayores). La valoración subjetiva se localiza en bastante molesta considerada así por el 50% de adultos jóvenes encuestados. Así mismo, está considerada como bastante molesta por el 66,7% de adultos maduros encuestados. Por otra parte, la valoración subjetiva manifestada por el 83,3% de adultos mayores, considera la opción A como muy molesta.

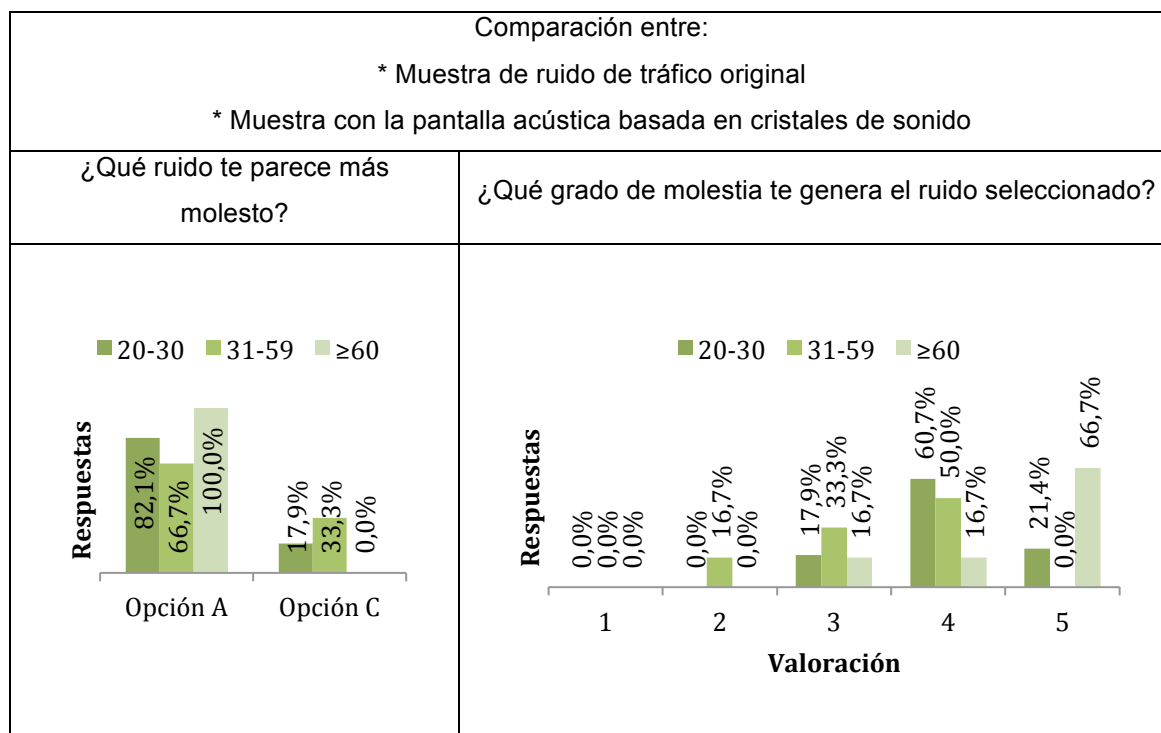


Figura 31

La comparación entre muestra de ruido de tráfico original con la muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido, descrita en la figura 31, indica que la primera muestra está considerada como más molesta por los tres grupos de encuestados (82,1% de adultos jóvenes, 66,7% de adultos maduros y 100% de adultos mayores). La valoración subjetiva se localiza en bastante molesta, considerada así por el 60,7% de adultos jóvenes encuestados. Así mismo, está considerada como bastante molesta por el 50% de adultos maduros encuestados. Por otra parte, la valoración subjetiva manifestada por el 66,7% de adultos mayores, considera la opción A como muy molesta.

Como era de esperar, los valores obtenidos en las figuras 30 y 31 avalan la afirmación que el ruido de tráfico sin aplicar medidas correctoras, genera mayor molestia en los encuestados, que las muestras con las diferentes pantallas acústicas.

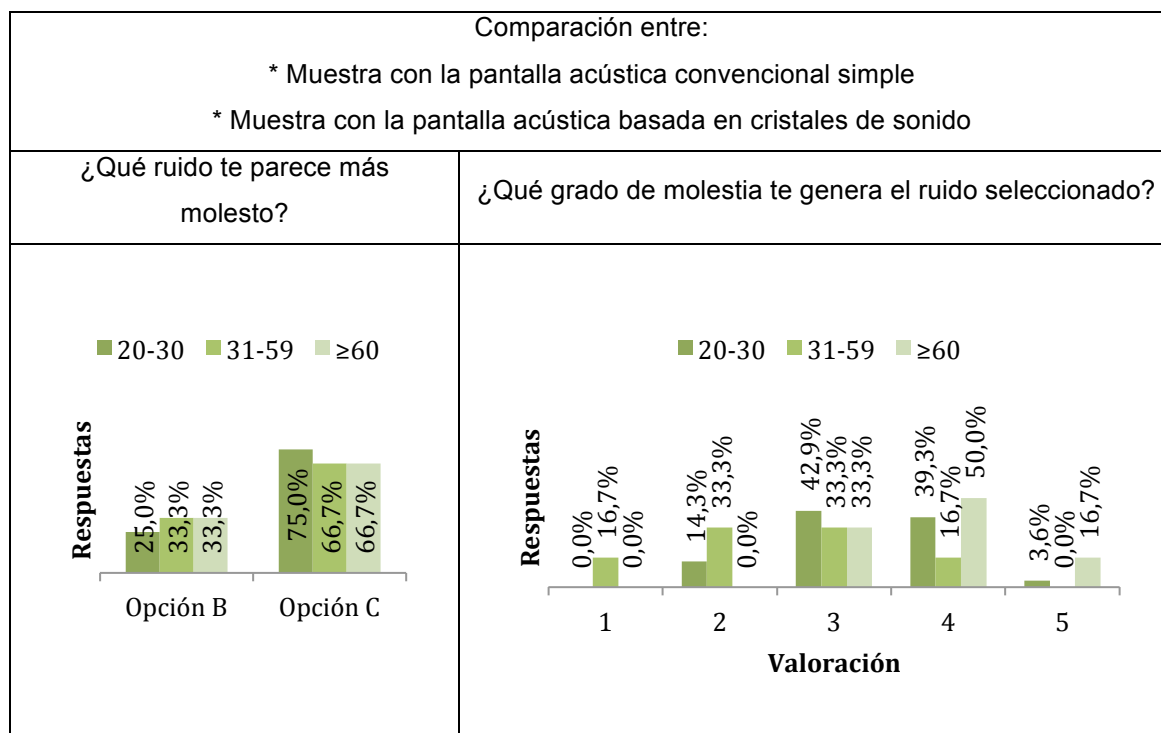


Figura 32

En la figura 32 se indica la comparación de la muestra de la pantalla acústica convencional simple con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido, se aprecia que la opción C, que corresponde a la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido, está considerada como más molesta por los tres grupos de encuestados (75% de adultos jóvenes, 66,7% de adultos maduros y 66,7% de adultos mayores), lo que indica que la pantalla convencional simple atenúa en mayor nivel el ruido de tráfico rodado. La valoración subjetiva se localiza en medianamente molesta, considerada así por el 42,9% de adultos jóvenes encuestados. Los adultos maduros, por otro lado valoran equitativamente la muestra entre moderadamente molesta y medianamente molesta (33,3% para cada valoración). Por otra parte, la valoración subjetiva manifestada por el 50% de adultos mayores, considera la opción C como bastante molesta.

3.4.2. Molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 50 km/h.

Muestra tomada A 100 metros de la rotonda Av. Blasco Ibáñez

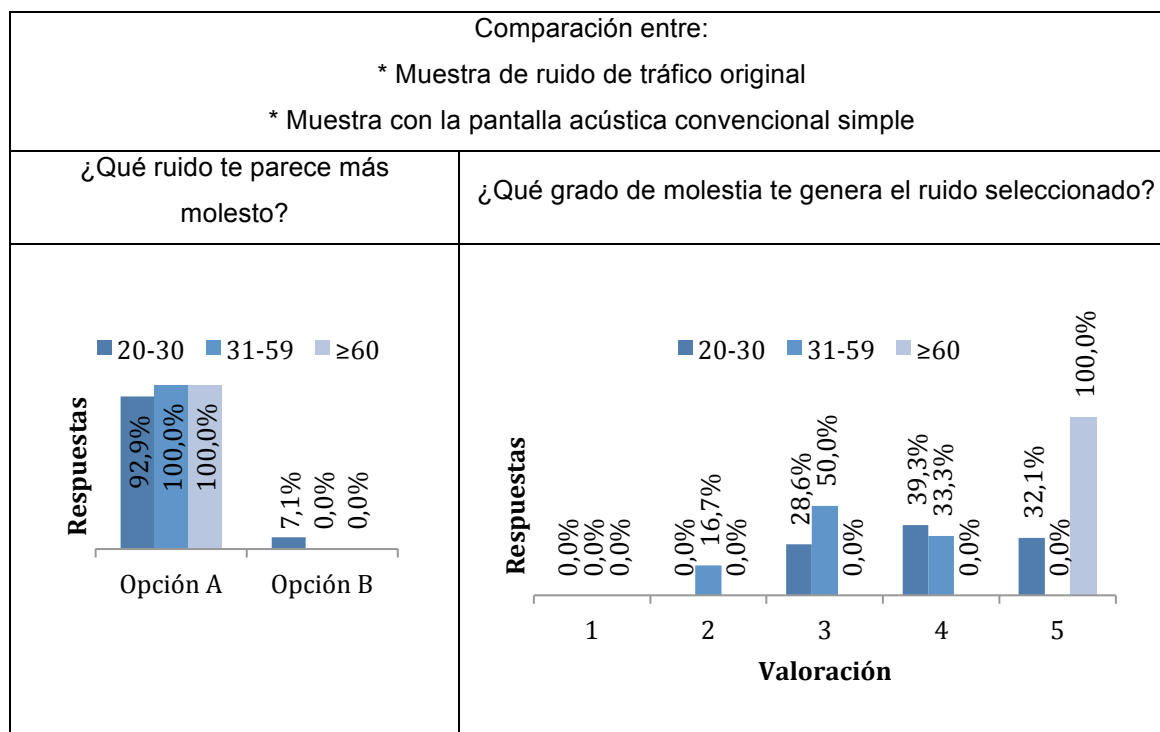


Figura 33

En la figura 33 se aprecia la comparación entre muestra de ruido de tráfico original con la muestra con la pantalla acústica convencional simple, la primera muestra está considerada como más molesta por los tres grupos de encuestados (92,9% de adultos jóvenes, 100% de adultos maduros y 100% de adultos mayores, correspondiente a la muestra total). La valoración subjetiva se localiza en bastante molesta considerada así por el 39,3% de adultos jóvenes encuestados. Por otra parte, está considerada como medianamente molesta por el 50% de adultos maduros encuestados. La valoración subjetiva manifestada por el 100% de los adultos mayores considera la opción A como muy molesta.

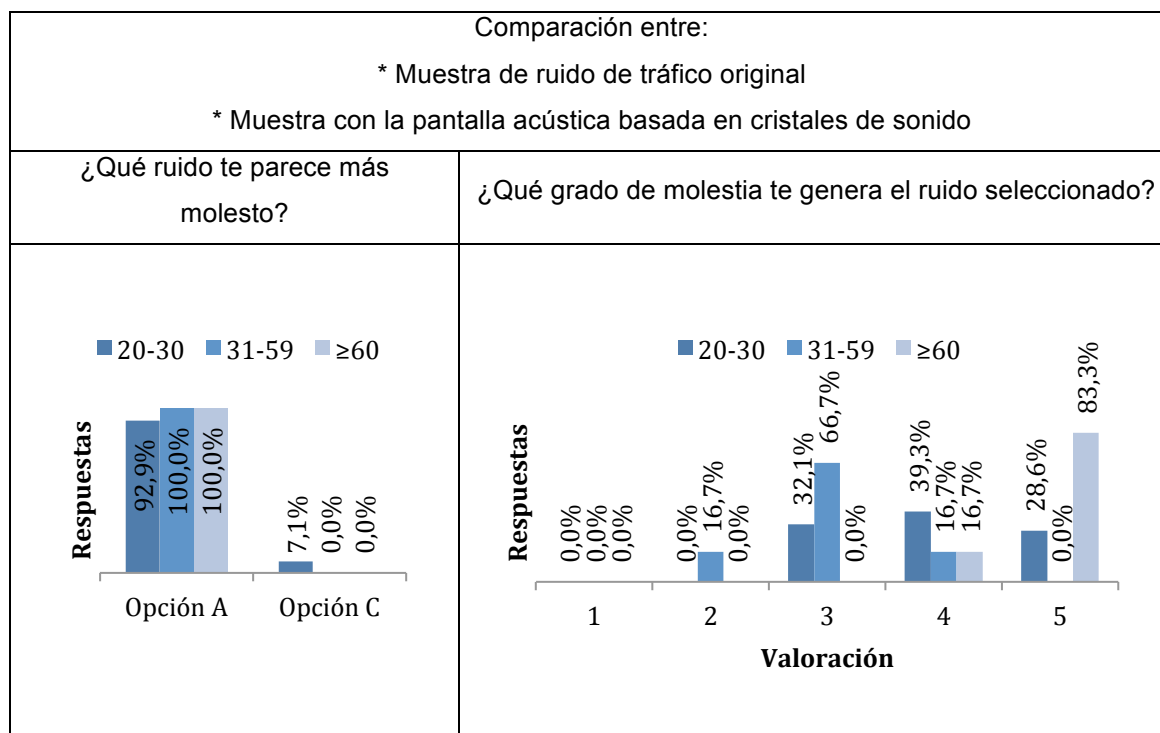


Figura 34

La comparación entre muestra de ruido de tráfico original con la muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido, descrita en la figura 34, indica que la primera muestra está considerada como más molesta por los tres grupos de encuestados (92,9% de adultos jóvenes, 100% de adultos maduros y 100% de adultos mayores, correspondiente a la muestra total). La valoración subjetiva se localiza en bastante molesta, considerada así por el 39,3% de adultos jóvenes encuestados. Por otra parte, está considerada como medianamente molesta por la el 66,7% de adultos maduros encuestados. La valoración subjetiva manifestada por el 83,3% de adultos, considera la opción A como muy molesta.

Como era de esperar, los valores obtenidos en las figuras 33 y 34 avalan la afirmación que el ruido de tráfico sin aplicar medidas correctoras, genera mayor molestia en los encuestados, que las muestras con las diferentes pantallas acústicas

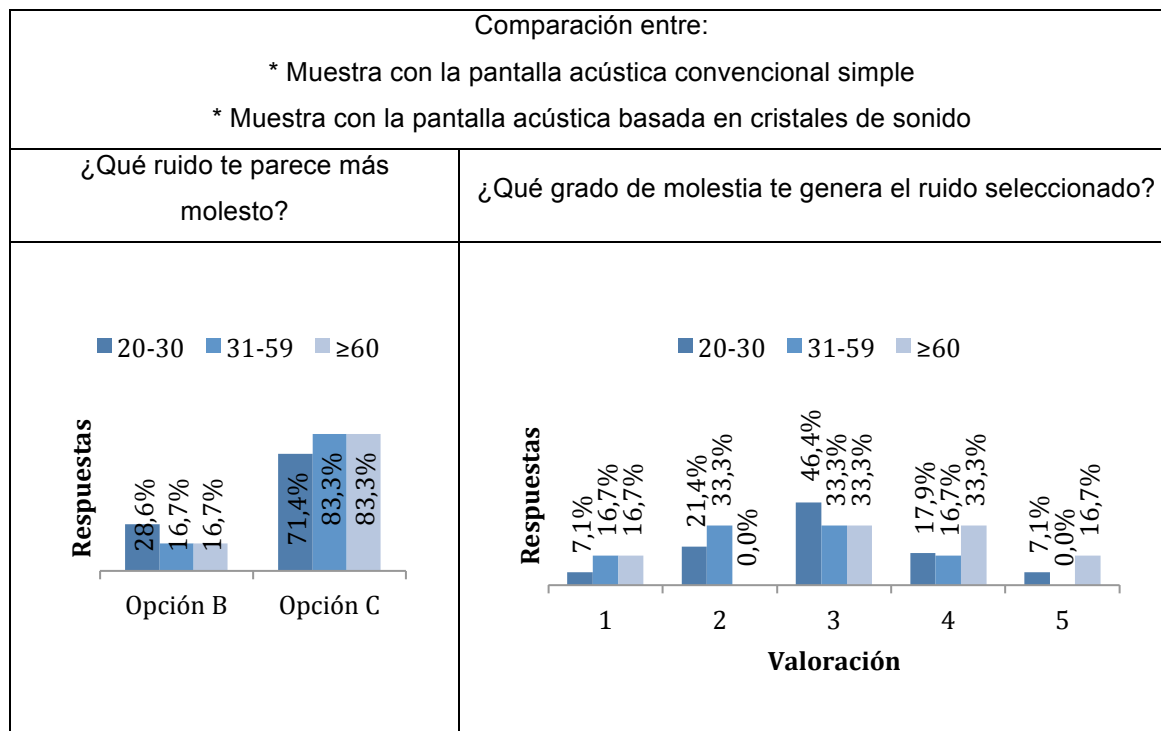


Figura 35

En la figura 35 se indica la comparación de la muestra de la pantalla acústica convencional simple con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido, se aprecia que la opción C, que corresponde a la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido, está considerada como más molesta por los tres grupos de encuestados (71,4% de adultos jóvenes, 83,3% de adultos maduros y 83,3% de adultos mayores), lo que indica que la pantalla convencional simple atenúa en mayor nivel el ruido de tráfico rodado. La valoración subjetiva se localiza en medianamente molesta, considerada así por el 46,4% de adultos jóvenes encuestados. Los adultos maduros, por otro lado valoran equitativamente la muestra entre moderadamente molesta y medianamente molesta (33,3% para cada valoración). Por otra parte, los adultos mayores, posicionan la valoración subjetiva de la opción C, equitativamente entre medianamente molesta y bastante molesta (33,3% para cada valoración).

3.4.3. Molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 90 km/h.

Muestra tomada A 200 metros de la rotonda Cami Vell de València

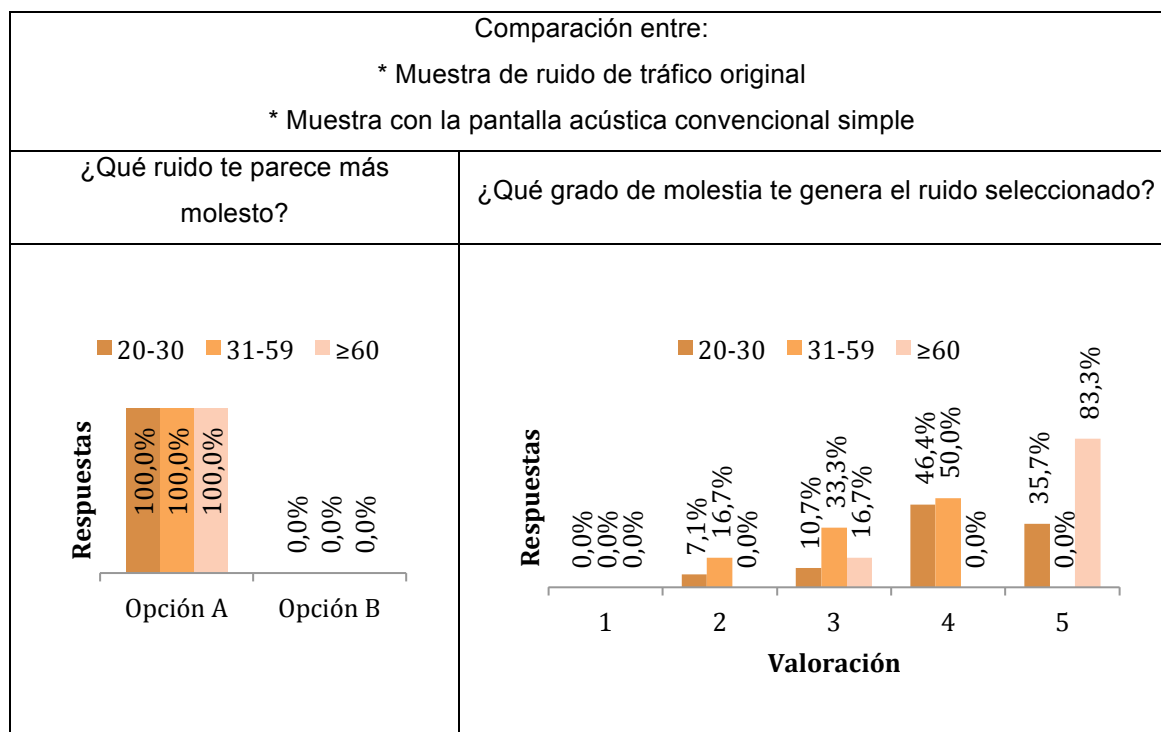


Figura 36

En la figura 36 se aprecia la comparación entre muestra de ruido de tráfico original con la muestra con la pantalla acústica convencional simple, la primera muestra está considerada en su totalidad, como más molesta por los tres grupos de encuestados (100% de adultos jóvenes, 100% de adultos maduros y 100% de adultos mayores). La valoración subjetiva se localiza en bastante molesta considerada así por el 46,4% de adultos jóvenes encuestados. Así mismo, está considerada como bastante molesta por el 50% de adultos maduros encuestados. Por otra parte, la valoración subjetiva manifestada por el 83,3% de adultos mayores, considera la opción A como muy molesta.

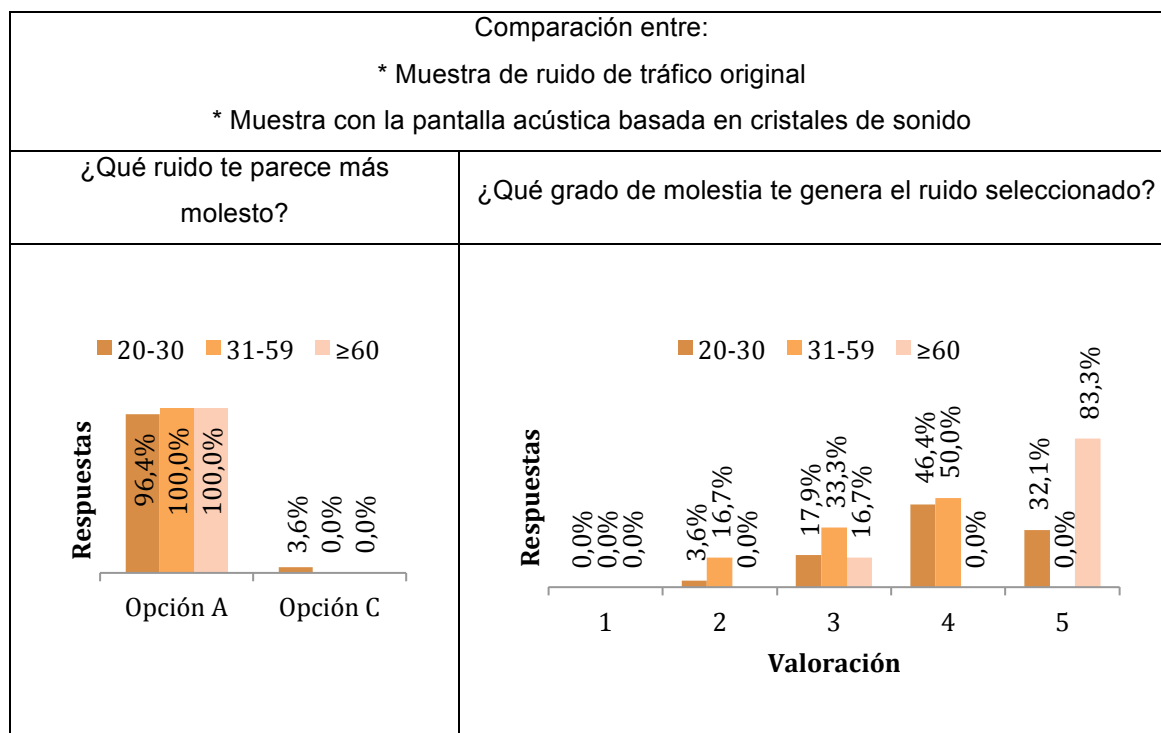


Figura 37

La comparación entre muestra de ruido de tráfico original con la muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido, descrita en la figura 37, indica que la primera muestra está considerada como más molesta por los tres grupos de encuestados (96,4% de adultos jóvenes, 100% de adultos maduros y 100% de adultos mayores). La valoración subjetiva se localiza en bastante molesta, considerada así por el 46,4% de adultos jóvenes encuestados. Así mismo, está considerada como bastante molesta por el 50% de adultos maduros encuestados. Por otra parte, la valoración subjetiva manifestada el 83,3% de adultos mayores, considera la opción A como muy molesta.

Como era de esperar, los valores obtenidos en las figuras 36 y 37 avalan la afirmación que el ruido de tráfico sin aplicar medidas correctoras, genera mayor molestia en los encuestados, que las muestras con las diferentes pantallas acústicas.

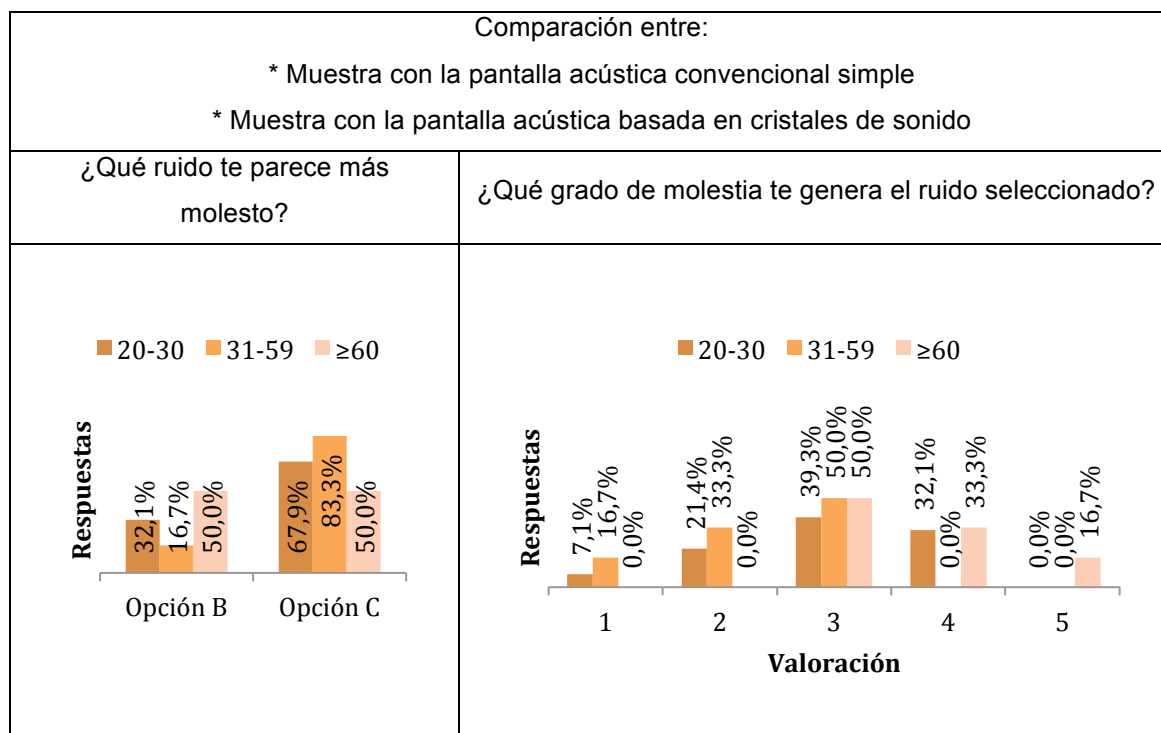


Figura 38

En la figura 38 se indica la comparación de la muestra de la pantalla acústica convencional simple con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido, se aprecia que la opción C, que corresponde a la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido, está considerada como más molesta por dos de los tres grupos de encuestados (67,9% de adultos jóvenes y 83,3% de adultos maduros). Los adultos mayores consideran igual de molestas las dos muestras presentadas (50% para cada opción). La mayoría de encuestados eligen como más molesta la opción C, lo que indica que la pantalla convencional simple atenúa en mayor nivel el ruido de tráfico rodado. La valoración subjetiva se localiza en medianamente molesta, considerada así por el 39,3% de adultos jóvenes encuestados. Así mismo, el 50% los adultos maduros, valoran la muestra como medianamente molesta. Por otra parte, la valoración subjetiva manifestada por el 50% de adultos mayores, consideran la opción elegida como bastante molesta.

3.5. Comparación de la muestra de la pantalla acústica convencional simple con la muestra de la pantalla acústica basada en cristales de sonido

En este apartado se analiza el caso particular de la determinación del grado de molestia percibido por los encuestados con los audios correspondientes a la pantalla acústica convencional simple nombrada como opción B y la pantalla acústica basada en cristales de sonido nombrada como opción C.

Para este análisis se ha nombrado a los lugares de grabación de ruido representativo como:

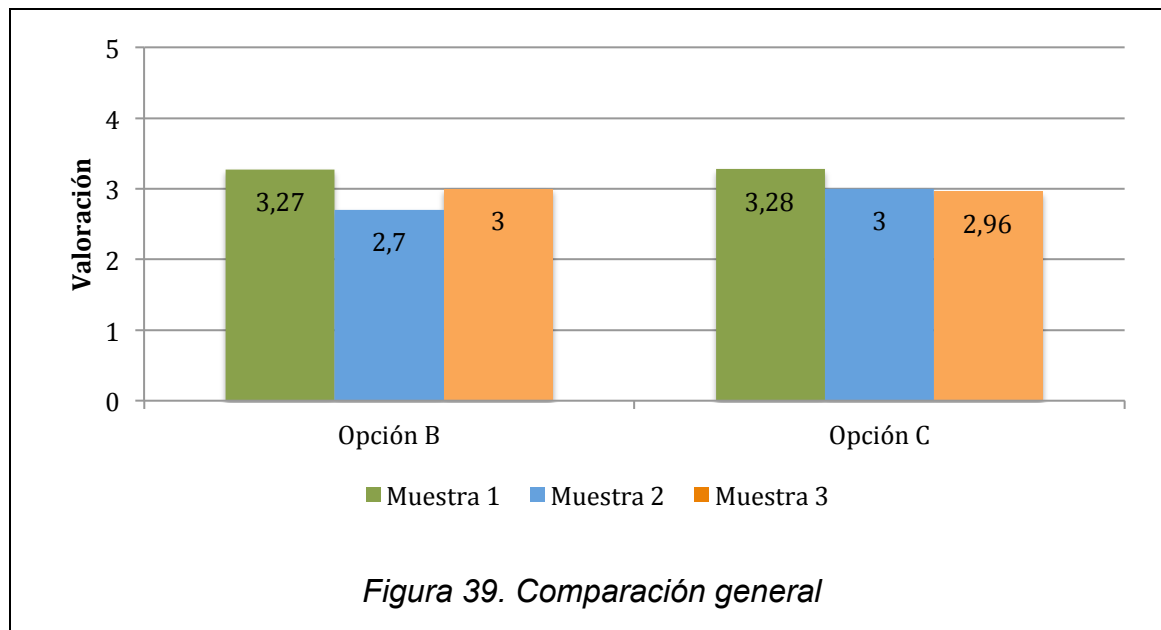
- Muestra 1: Frente a Mediamarkt/CC Plaza Mayor Gandia Av.Blasco Ibáñez
- Muestra 2: A 100 metros de la rotonda Av.Blasco Ibáñez
- Muestra 3: A 200 metros de la rotonda Cami Vell de València CV-605.

Los datos de valoración presentados se obtuvieron realizando un promedio, con esta herramienta se obtiene el valor medio en función del caso de estudio y poder determinar el grado de molestia.

El primer análisis a realizar es el general, esto quiere decir que no se discriminó ningún dato por sexo o edad de los encuestados.

En la figura 39 se puede apreciar que los sujetos que realizaron el ensayo valoran la opción C más molesta que la opción B en el caso de las muestras 1 y 2, cabe mencionar que la diferencia del grado de molestia es mínima con una variación máxima de tres decimales. Para el caso de la muestra 3, los encuestados indican que la opción B genera más molestia que la opción C, la variación de cuatro centésimas.

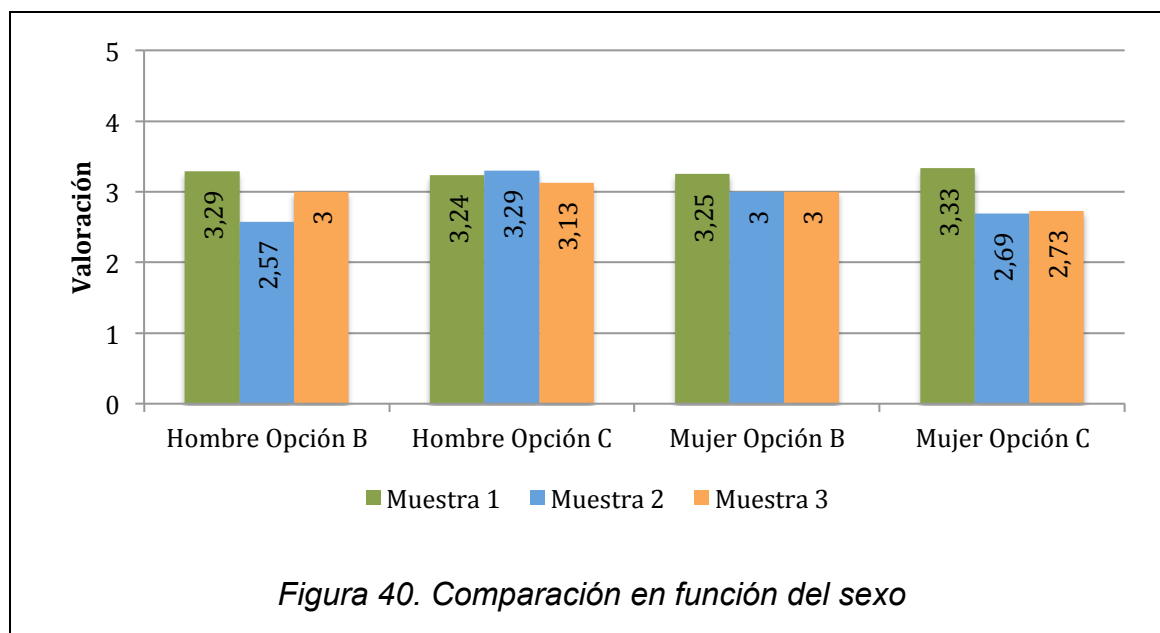
De acuerdo a la escala empleada para la valoración subjetiva de la molestia se puede exponer que tanto la opción B, como la opción C, para el caso de todas las muestras, son valoradas como medianamente molestas.



El siguiente análisis se realiza en función del sexo de los encuestados. En la figura 40 se aprecia que los hombres que realizaron el ensayo valoran la opción C más molesta que la opción B en el caso de las muestras 2 y 3, la diferencia del grado de molestia tiene una variación de siete décimas en el caso de la muestra 2. Para el caso de la muestra 3, los encuestados indican que la opción B genera más molestia que la opción C, la variación es de cinco centésimas. De acuerdo a la escala empleada para la valoración subjetiva de la molestia se puede exponer que tanto la opción B, como la opción C, para el caso de todas las muestras, son valoradas como medianamente molestas por los hombres.

En el caso de las mujeres que realizaron el ensayo, valoran la opción B más molesta que la opción C en el caso de las muestras 2 y 3, la diferencia del grado de molestia tiene una variación de tres décimas en el caso de la muestra 2. Para el caso de la muestra 3, las encuestadas indican que la opción C genera más molestia que la opción B, la variación es de una centésima. De

acuerdo a la escala empleada para la valoración subjetiva de la molestia se puede exponer que tanto la opción B, como la opción C, para el caso de todas las muestras, son valoradas como medianamente molestas por las mujeres.

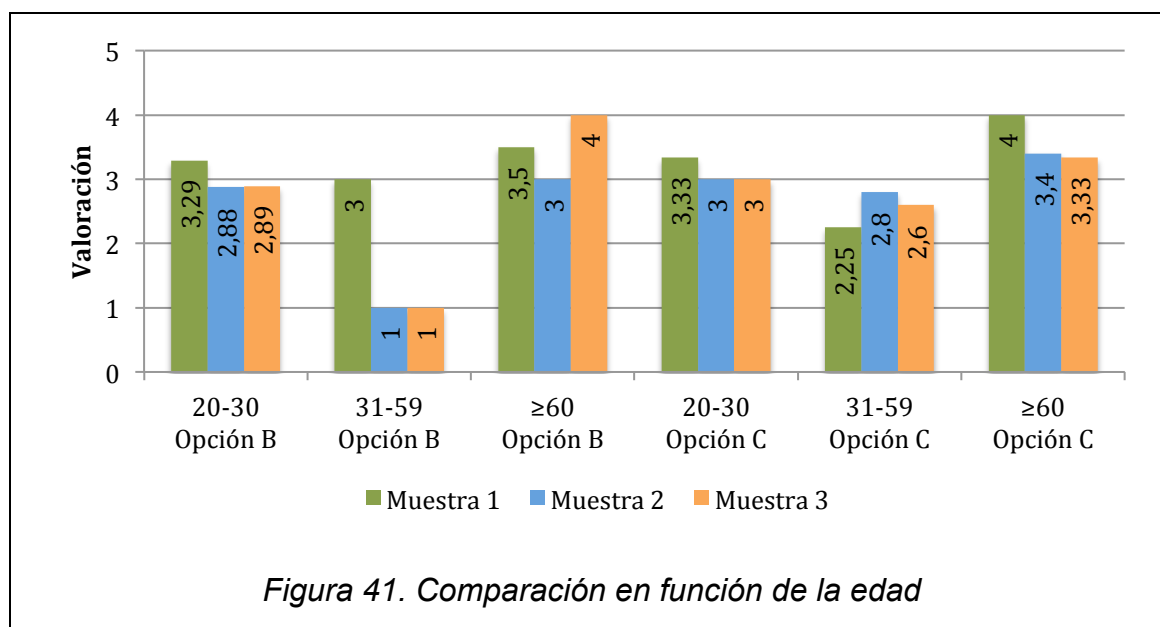


El último caso se analiza en función de la edad de los encuestados. En la figura 41 se aprecia que los adultos jóvenes que realizaron el ensayo valoran la opción C más molesta que la opción B en el caso de las 3 muestras, la diferencia del grado de molestia tiene una variación de una décima. De acuerdo a la escala empleada para la valoración subjetiva de la molestia se puede exponer que tanto la opción B, como la opción C, para el caso de todas las muestras, son valoradas como medianamente molestas por los adultos jóvenes encuestados.

Los adultos maduros también consideran la opción C más molesta que la opción B, en el caso de la muestra 1 la diferencia del grado de molestia tiene una variación de tres décimas, mientras que para el caso de las muestras 2 y 3, el grado de molestia tiene una variación de dos enteros, una diferencia bastante significativa ya que dentro de la escala de la valoración subjetiva, el valor 1/5 corresponde a poco molesto, mientras que el valor 3/5 equivale a medianamente molesto. De acuerdo a la escala empleada para la valoración

subjetiva de la molestia se puede exponer que la opción B, para el caso de la muestra 1 es considerada como medianamente molesta, para el caso de las muestras 2 y 3 es considerada como poco molesta. La opción C, para el caso de todas las muestras, son valoradas como medianamente molestas por los adultos maduros encuestados.

Los adultos mayores que realizaron el ensayo valoran la opción C más molesta que la opción B en el caso de las muestras 1 y 2, cabe mencionar que la diferencia del grado de molestia tiene una variación de cinco decimales. Para el caso de la muestra 3, los encuestados indican que la opción B genera más molestia que la opción C, la variación es de siete decimales. De acuerdo a la escala empleada para la valoración subjetiva de la molestia se puede exponer que la opción B para el caso de las muestras 1 y 2 son valoradas como medianamente molestas, en el caso de la muestra 3, es valorada como bastante molesta. La opción C, para el caso de la muestra 1, es valoradas como bastante molesta, en el caso de las muestras 2 y 3, son valoradas como medianamente molestas por los adultos mayores encuestados.



4. Conclusiones

- Para la medida de la molestia de ruidos de tráfico rodado aplicable en particular al uso de pantallas acústicas, se diseñó una experiencia psicoacústica del tipo ABC test, que consiste en la reproducción tres muestras. Las muestras B y C se clasifican con respecto a la referencia A y tiene un parámetro de referencia adicional contra el cual se comparan B y C. En este trabajo se asignaron los valores: A que es el valor de referencia, a la muestra de ruido de tráfico original, B es la muestra de ruido con la pantalla acústica convencional simple y C es la muestra de ruido con la pantalla acústica basada en cristales de sonido.
- Se emplearon tres muestras de ruido de tráfico para tener situaciones reales y representativas del mismo. Las muestras elegidas contemplan, ruido mecánico, ruido de rodadura a velocidad máxima de 50 km/h y ruido de rodadura a velocidad máxima de 90 km/h.
- Realizando un primer análisis general de los resultados obtenidos, la mayoría de los encuestados concuerda que la muestra de ruido más molesta corresponde a la de ruido de tráfico original comparada con las muestras de ruido con la pantalla acústica convencional simple y con la pantalla acústica basada en cristales de sonido. Esto concuerda con la afirmación de que el ruido de tráfico sin aplicar medidas correctoras, genera mayor molestia en los encuestados, que las muestras con las diferentes pantallas acústicas. Esta tendencia se presenta con las tres muestras de ruido de tráfico.
- La experiencia psicoacústica empleada en este trabajo, incluye una comparación entre las muestras modificadas, este parámetro permite determinar que tipo de pantalla acústica genera mayor atenuación de ruido de tráfico, en el primer análisis general la mayoría de los encuestados coincide que la muestra que genera mayor molestia es la que corresponde a la de ruido con la pantalla acústica basada en cristales de sonido, por lo que se concluye que la pantalla que genera mayor atenuación es la pantalla acústica convencional simple, independientemente de la muestra de ruido con la que se realice el test.

- Se realizaron dos análisis discriminatorios, uno en función del sexo de los encuestados y otro en función de la edad, para realizar este último análisis, se separó a los encuestados en tres grupos: adultos jóvenes (de 20 a 30 años), adultos o adultos maduros (de 31 a 59 años) y adultos mayores o de tercera edad (a partir de los 60 años).

Existe una relación directa de los resultados obtenidos con la edad de los encuestados, la variación de resultados obtenidos de adultos jóvenes y adultos maduros es mínima, mientras que los resultados obtenidos de adultos mayores varía en comparación con los grupos anteriores. El grupo de adultos mayores considera, en su totalidad, más molesta la muestra de ruido de tráfico en todas las situaciones representativas del mismo, esta tendencia siguen los otros grupos del análisis pero no coinciden en su totalidad.

- Para futuros trabajos que sigan esta línea de investigación, se sugiere que se tome una muestra de sujetos que realicen el test más homogénea en edad y sexo para realizar una discriminación equitativa y obtener resultados más concluyentes.
- Se sugiere que para determinar el grado de molestia causada por la pantalla acústica convencional simple y la pantalla acústica basada en cristales de sonido, el test debería incluir una cuestión adicional donde se presenten la muestra de ruido original y las muestras con los dos tipos de pantallas, donde se evalúe de manera individual la molestia generada por cada uno. En el test realizado para este trabajo únicamente contempla la molestia generada por comparación y no de manera individual.

Bibliografía

- Alonso, A. d. (2003). *Contaminación acústica y salud*. Universidad Rey Juan Carlos.
- Alton Everest, F. (2001). *The Master Handbook of Acoustics*. New York: McGraw-Hill.
- Ayuntamiento de Valencia. (2003). *Ordenanza municipal de protección contra la contaminación acústica*. BOP.
- BOE. (2003). *LEY 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido*. Jefatura del estado.
- Brüel& Kjær Sound&Vibration Measurement A/S. (2000). *Ruido Ambiental*. Madrid.
- Crocker, M. J. (1998). *Handbook of Acoustics*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Crocker, M. J. (2007). *Handbook of Noise and Vibration Control*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Fuster Fajardo, J. M. (2013). *Estudio de las aplicaciones de los difusores de sonido basados en cristales de sonido*. Gandia: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA ESCUELA POLI TECNICA SUPERIOR DE GANDIA.
- Harris, C. M. (1998). *Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control*. New York: American Institute of Physics.
- Hynninen, J. (2001). *A software-based system for listening tests*. Espoo, Finland: HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.
- Miyara, F. (2006). *Acústica y Sistemas de Sonido*. Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario.

- Mun Lee , H., Bin Tan , L., Meng Lim , K., & Pueh Lee , H. (2017). Acoustical performance of a sonic crystal window. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research* , 6.
- Munive Benites, D. A. (2016). *Análisis de la molestia causada por la variabilidad temporal y espectral del ruido de tráfico en la ciudad de Quito*. Ingeniería de Sonido y Acústica. Quito: Universidad de las Américas.
- Olmos Cancino, E. D. (2002). Evaluación de la pérdida de inserción de una barrera acústica aplicada en un proyecto lineal. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Recuero López, M. (2000). *Acustica Arquitectonica Aplicada*. Rumford: Paraninfo.
- Rodríguez, A. (2005). Conceptos básicos de la Psicoacústica. Montevideo, Uruguay: Instituto de Ingeniería Eléctrica IIE, Facultad de Ingeniería - UDELAR.
- Segués Echazarreta, F. (2007). *Ruido de tráfico: carreteras*. Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental. Escuela de Organización Industrial.
- Serrano Pérez, M., Abad Toribio, L., Magro Andrade, R., & García Martín, T. (2009). Estudio de la tipología de las pantallas acústicas. Normativa y estado del arte. *TECNOLOGÍA@ y DESARROLLO Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente* , VII, 43.
- Sánchez-Pérez, J. V., Rubio Mlchavila, C., & Castiñeira-Ibañez, S. (2015). Towards the development of a software to design acoustic barriers based in sonic crystals. *Euro Noise* , 2367-2371.
- Zwicker, E., & Fastl, H. (1999). *Psychoacoustics, Facts and Models*. Springer.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados generales

Muestra tomada frente a Mediamarkt/CC Plaza Mayor Gandia Av.Blasco Ibáñez

¿Qué ruido te parece más molesto?								
Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica convencional simple			Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido			Comparación entre: * Muestra con la pantalla acústica convencional simple * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido		
Opción	Respuestas	Porcentaje	Opción	Respuestas	Porcentaje	Opción	Respuestas	Porcentaje
Opción A	39	97,5%	Opción A	33	82,5%	Opción B	11	27,5%
Opción B	1	2,5%	Opción C	7	17,5%	Opción C	29	72,5%
TOTAL	40	100,0%	TOTAL	40	100,0%	TOTAL	40	100,0%

¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?								
Opción	Respuestas	Porcentaje	Opción	Respuestas	Porcentaje	Opción	Respuestas	Porcentaje
1	--	--	1	--	--	1	1	2,5%
2	2	5,0%	2	1	2,5%	2	6	15,0%
3	7	17,5%	3	8	20,0%	3	16	40,0%
4	19	47,5%	4	21	52,5%	4	15	37,5%
5	12	30,0%	5	10	25,0%	5	2	5,0%
TOTAL	40	100,0%	TOTAL	40	100,0%	TOTAL	40	100,0%

Tabla 3. Resultados generales de la molestia causada por ruido de origen mecánico

Muestra tomada A 100 metros de la rotonda Av.Blasco Ibáñez

¿Qué ruido te parece más molesto?								
Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica convencional simple			Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido			Comparación entre: * Muestra con la pantalla acústica convencional simple * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido		
Opción	Respuestas	Porcentaje	Opción	Respuestas	Porcentaje	Opción	Respuestas	Porcentaje
Opción A	38	95,0%	Opción A	38	95,0%	Opción B	10	25,0%
Opción B	2	5,0%	Opción C	2	5,0%	Opción C	30	75,0%
TOTAL	40	100,0%	TOTAL	40	100,0%	TOTAL	40	100,0%

¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?								
Opción	Respuestas	Porcentaje	Opción	Respuestas	Porcentaje	Opción	Respuestas	Porcentaje
1	--	--	1	--	--	1	4	10,0%
2	1	2,5%	2	1	2,5%	2	8	20,0%
3	11	27,5%	3	13	32,5%	3	17	42,5%
4	13	32,5%	4	13	32,5%	4	8	20,0%
5	15	37,5%	5	13	32,5%	5	3	7,5%
TOTAL	40	100,0%	TOTAL	40	100,0%	TOTAL	40	100,0%

Tabla 4. Resultados generales de la molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 50 km/h

Muestra tomada A 200 metros de la rotonda Cami Vell de València

¿Qué ruido te parece más molesto?								
Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica convencional simple			Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido			Comparación entre: * Muestra con la pantalla acústica convencional simple * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido		
Opción	Respuestas	Porcentaje	Opción	Respuestas	Porcentaje	Opción	Respuestas	Porcentaje
Opción A	40	100,0%	Opción A	39	97,5%	Opción B	13	32,5%
Opción B	--	--	Opción C	1	2,5%	Opción C	27	67,5%
TOTAL	40	100,0%	TOTAL	40	100,0%	TOTAL	40	100,0%

¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?								
Opción	Respuestas	Porcentaje	Opción	Respuestas	Porcentaje	Opción	Respuestas	Porcentaje
1	--	--	1	--	--	1	3	7,5%
2	3	7,5%	2	2	5,0%	2	8	20,0%
3	6	15,0%	3	8	20,0%	3	17	42,5%
4	16	40,0%	4	16	40,0%	4	11	27,5%
5	15	37,5%	5	14	35,0%	5	1	2,5%
TOTAL	40	100,0%	TOTAL	40	100,0%	TOTAL	40	100,0%

Tabla 5. Resultados generales de la molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 90 km/h

Anexo 2. Resultados por sexo

Muestra tomada frente a Mediamarkt/CC Plaza Mayor Gandia Av. Blasco Ibáñez

		Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica convencional simple								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción A	Opción B	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	Mujeres	16	--	16	--	--	4	6	6	16
	Hombres	23	1	24	--	2	3	13	6	24
Porcentaje	Mujeres	40,0%	--	40,0%	--	--	10,0%	15,0%	15,0%	40,0%
	Hombres	57,5%	2,5%	60,0%	--	5,0%	7,5%	32,5%	15,0%	60,0%

		Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción A	Opción C	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	Mujeres	13	3	16	--	--	3	8	5	16
	Hombres	20	4	24	--	1	5	13	5	24
Porcentaje	Mujeres	32,5%	7,5%	40,0%	--	--	7,5%	20,0%	12,5%	40,0%
	Hombres	50,0%	10,0%	60,0%	--	2,5%	12,5%	32,5%	12,5%	60,0%

		Comparación entre: * Muestra con la pantalla acústica convencional simple * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción B	Opción C	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	Mujeres	4	12	16	--	1	9	6	--	16
	Hombres	7	17	24	1	5	7	9	2	24
Porcentaje	Mujeres	10,0%	30,0%	40,0%	--	2,5%	22,5%	15,0%	--	40,0%
	Hombres	17,5%	42,5%	60,0%	2,5%	12,5%	17,5%	22,5%	5,0%	60,0%

Tabla 6. Resultados de la molestia causada por ruido de origen mecánico, en función del sexo

Muestra tomada A 100 metros de la rotonda Av.Blasco Ibáñez

		Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica convencional simple								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción A	Opción B	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	Mujeres	15	1	16	--	--	5	6	5	16
	Hombres	23	1	24	--	1	6	7	10	24
Porcentaje	Mujeres	37,5%	2,5%	40,0%	--	--	12,5%	15,0%	12,5%	40,0%
	Hombres	57,5%	2,5%	60,0%	--	2,5%	15,0%	17,5%	25,0%	60,0%

		Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción A	Opción C	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	Mujeres	16	--	16	--	--	5	7	4	16
	Hombres	22	2	24	--	1	8	6	9	24
Porcentaje	Mujeres	40,0%	--	40,0%	--	--	12,5%	17,5%	10,0%	40,0%
	Hombres	55,0%	5,0%	60,0%	--	2,5%	20,0%	15,0%	22,5%	60,0%

		Comparación entre: * Muestra con la pantalla acústica convencional simple * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción B	Opción C	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	Mujeres	3	13	16	2	4	7	2	1	16
	Hombres	7	17	24	2	4	10	6	2	24
Porcentaje	Mujeres	7,5%	32,5%	40,0%	5,0%	10,0%	17,5%	5,0%	2,5%	40,0%
	Hombres	17,5%	42,5%	60,0%	5,0%	10,0%	25,0%	15,0%	5,0%	60,0%

Tabla 7. Resultados de la molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 50 km/h, en función del sexo

Muestra tomada A 200 metros de la rotonda Cami Vell de València

		Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica convencional simple								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción A	Opción B	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	Mujeres	16	--	16	--	--	3	7	6	16
	Hombres	24	--	24	--	3	3	9	9	24
Porcentaje	Mujeres	40,0%	--	40,0%	--	--	7,5%	17,5%	15,0%	40,0%
	Hombres	60,0%	--	60,0%	--	7,5%	7,5%	22,5%	22,5%	60,0%

		Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción A	Opción C	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	Mujeres	15	1	16	--	--	4	7	5	16
	Hombres	24	--	24	--	2	4	9	9	24
Porcentaje	Mujeres	37,5%	2,5%	40,0%	--	--	10,0%	17,5%	12,5%	40,0%
	Hombres	60,0%	--	60,0%	--	5,0%	10,0%	22,5%	22,5%	60,0%

		Comparación entre: * Muestra con la pantalla acústica convencional simple * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción B	Opción C	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	Mujeres	5	11	16	1	4	8	3	--	16
	Hombres	8	16	24	2	4	9	8	1	24
Porcentaje	Mujeres	12,5%	27,5%	40,0%	2,5%	10,0%	20,0%	7,5%	--	40,0%
	Hombres	20,0%	40,0%	60,0%	5,0%	10,0%	22,5%	20,0%	2,5%	60,0%

Tabla 8. Resultados de la molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 90 km/h, en función del sexo

Anexo 3. Resultados por edad

Muestra tomada frente a Mediamarkt/CC Plaza Mayor Gandia Av.Blasco Ibáñez

		Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica convencional simple								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción A	Opción B	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	20-30	28	--	28	--	--	7	14	7	28
	31-59	5	1	6	--	2	--	4	--	6
	≥60	6	--	6	--	--	--	1	5	6
Porcentaje	20-30	70,0%	--	70,0%	--	--	17,5%	35,0%	17,5%	70,0%
	31-59	12,5%	2,5%	15,0%	--	5,0%	--	10,0%	--	15,0%
	≥60	15,0%	--	15,0%	--	--	--	2,5%	12,5%	15,0%

		Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción A	Opción C	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	20-30	23	5	28	--	--	5	17	6	28
	31-59	4	2	6	--	1	2	3	--	6
	≥60	6	--	6	--	--	1	1	4	6
Porcentaje	20-30	57,5%	12,5%	70,0%	--	--	12,5%	42,5%	15,0%	70,0%
	31-59	10,0%	5,0%	15,0%	--	2,5%	5,0%	7,5%	--	15,0%
	≥60	15,0%	--	15,0%	--	--	2,5%	2,5%	10,0%	15,0%

		Comparación entre: * Muestra con la pantalla acústica convencional simple * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción B	Opción C	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	20-30	7	21	28	--	4	12	11	1	28
	31-59	2	4	6	1	2	2	1	--	6
	≥60	2	4	6	--	--	2	3	1	6
Porcentaje	20-30	17,5%	52,5%	70,0%	--	10,0%	30,0%	27,5%	2,5%	70,0%
	31-59	5,0%	10,0%	15,0%	2,5%	5,0%	5,0%	2,5%	--	15,0%
	≥60	5,0%	10,0%	15,0%	--	--	5,0%	7,5%	2,5%	15,0%

Tabla 9. . Resultados de la molestia causada por ruido de origen mecánico, en función de la edad

Muestra tomada A 100 metros de la rotonda Av.Blasco Ibáñez

		Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica convencional simple								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción A	Opción B	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	20-30	26	2	28	--	--	8	11	9	28
	31-59	6	--	6	--	1	3	2	--	6
	≥60	6	--	6	--	--	--	--	6	6
Porcentaje	20-30	65,0%	5,0%	70,0%	--	--	20,0%	27,5%	22,5%	70,0%
	31-59	15,0%	--	15,0%	--	2,5%	7,5%	5,0%	--	15,0%
	≥60	15,0%	--	15,0%	--	--	--	--	15,0%	15,0%

		Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción A	Opción C	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	20-30	26	2	28	--	--	9	11	8	28
	31-59	6	--	6	--	1	4	1	--	6
	≥60	6	--	6	--	--	--	1	5	6
Porcentaje	20-30	65,0%	5,0%	70,0%	--	--	22,5%	27,5%	20,0%	70,0%
	31-59	15,0%	--	15,0%	--	2,5%	10,0%	2,5%	--	15,0%
	≥60	15,0%	--	15,0%	--	--	--	2,5%	12,5%	15,0%

		Comparación entre: * Muestra con la pantalla acústica convencional simple * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción B	Opción C	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	20-30	8	20	28	2	6	13	5	2	28
	31-59	1	5	6	1	2	2	1	--	6
	≥60	1	5	6	1	--	2	2	1	6
Porcentaje	20-30	20,0%	50,0%	70,0%	5,0%	15,0%	32,5%	12,5%	5,0%	70,0%
	31-59	2,5%	12,5%	15,0%	2,5%	5,0%	5,0%	2,5%	--	15,0%
	≥60	2,5%	12,5%	15,0%	2,5%	--	5,0%	5,0%	2,5%	15,0%

Tabla 10. Resultados de la molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 50 km/h, en función de la edad

Muestra tomada A 200 metros de la rotonda Cami Vell de València

		Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica convencional simple								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción A	Opción B	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	20-30	28	--	28	--	2	3	13	10	28
	31-59	6	--	6	--	1	2	3	--	6
	≥60	6	--	6	--	--	1	--	5	6
Porcentaje	20-30	70,0%	--	70,0%	--	5,0%	7,5%	32,5%	25,0%	70,0%
	31-59	15,0%	--	15,0%	--	2,5%	5,0%	7,5%	--	15,0%
	≥60	15,0%	--	15,0%	--	--	2,5%	--	12,5%	15,0%

		Comparación entre: * Muestra de ruido de tráfico original * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción A	Opción C	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	20-30	27	1	28	--	1	5	13	9	28
	31-59	6	--	6	--	1	2	3	--	6
	≥60	6	--	6	--	--	1	--	5	6
Porcentaje	20-30	67,5%	2,5%	70,0%	--	2,5%	12,5%	32,5%	22,5%	70,0%
	31-59	15,0%	--	15,0%	--	2,5%	5,0%	7,5%	--	15,0%
	≥60	15,0%	--	15,0%	--	--	2,5%	--	12,5%	15,0%

		Comparación entre: * Muestra con la pantalla acústica convencional simple * Muestra con la pantalla acústica basada en cristales de sonido								
		¿Qué ruido te parece más molesto?			¿Qué grado de molestia te genera el ruido seleccionado?					
		Opción B	Opción C	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Respuestas	20-30	9	19	28	2	6	11	9	--	28
	31-59	1	5	6	1	2	3	--	--	6
	≥60	3	3	6	--	--	3	2	1	6
Porcentaje	20-30	22,5%	47,5%	70,0%	5,0%	15,0%	27,5%	22,5%	--	70,0%
	31-59	2,5%	12,5%	15,0%	2,5%	5,0%	7,5%	--	--	15,0%
	≥60	7,5%	7,5%	15,0%	--	--	7,5%	5,0%	2,5%	15,0%

Tabla 11. Resultados de la molestia causada por ruido de rodadura a velocidad máxima de 90 km/h, en función de la edad