



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Organización Industrial**

# **Estudio acústico en una empresa de cableado**

**Autora:**

**Campuzano Carretón, Alba**

**Tutora:**

**Tarrero Fernández, Ana Isabel  
Departamento de Física Aplicada**

**Valladolid, abril 2025**





## RESUMEN

Una exposición prolongada a altos niveles de ruido en el entorno laboral puede ocasionar desde leves consecuencias, como una pérdida temporal de la audición, hasta una pérdida auditiva permanente. En la actualidad, la sociedad no está suficientemente concienciada sobre los peligros asociados a esta exposición, y por tanto, no suele prevenirse de sus consecuencias. Para el presente estudio se han llevado a cabo mediciones de ruido en una empresa de cableado con el fin de conocer de forma objetiva los niveles de exposición a los que están expuestos los empleados, para posteriormente compararlos con la percepción de los propios trabajadores, y a partir de los resultados poder plantear posibles acciones de mejora.

## PALABRAS CLAVE

Ruido industrial, salud acústica, tiempo de exposición, prevención, concienciación.

## ABSTRACT

A prolonged exposure to high noise levels in the workplace can lead to consequences, from a temporary hearing loss, to a permanent one. Currently, society is not aware enough in respect of the exposure dangers and, as a result, its consequences are not prevented. In this study, noise measurements were taken in a company, that way, exposure noise levels faced by employees were analysed objectively. Following, these values have been compared with the workers perceptions, providing a guide to propose potential improvement actions.

## KEYWORDS

Industrial noise, acoustic health, exposure time, prevention, awareness.





## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a todas las personas sin las cuales no hubiera sido posible la realización de este trabajo de fin de grado.

En primer lugar, agradecer a mi tutora, Ana Isabel Tarrero Fernández, por aceptar mi propuesta, por su paciencia, por orientarme y apoyarme a lo largo de todo el proceso. Junto a ella, agradecer enormemente el gran apoyo brindado por Alberto Sánchez Lite, ha sido un gran honor poder disponer de la ayuda de una persona tan involucrada en su día a día en este tema.

Por otro lado, dar las gracias a la empresa por su colaboración y disposición. Por la facilidad que me han dado en todo momento, facilitándome tanto el acceso presencial a las instalaciones, como brindándome toda la información que he requerido desde la distancia.

Por último, agradecer a mi familia y amigos por estar siempre a mi lado, vuestra comprensión y confianza desde que entré en la carrera ha sido un pilar fundamental en todo momento para mí. Gracias a vuestro amor y comprensión he sido capaz de ir superando los desafíos a lo largo de este camino.





## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b> .....	1
1.1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.2. ALCANCE .....	3
1.3. OBJETIVOS .....	3
1.4. EMPRESA .....	4
<b>2. CONCEPTOS BÁSICOS</b> .....	13
2.1. INTRODUCCIÓN .....	14
2.2. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA AUDICIÓN .....	17
2.3. EFECTOS NO AUDITIVOS DEL RUIDO .....	19
2.4. APARATOS PÓRTATILES PARA MEDIR EL NIVEL DE RUIDO EN EL PUESTO DE TRABAJO .....	20
2.5. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CABLE DE COBRE .....	22
<b>3. LEGISLACIÓN</b> .....	29
3.1. LEY 31/1995 DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES .....	30
3.2. R.D. 286/2006, DE 10 DE MARZO, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN AL RUIDO .....	32
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	35
4.2. ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE LA FÁBRICA CON MAYORES NIVELES DE RUIDO Y PLANIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS ACÚSTICAS .....	37
4.3. DISEÑO DE LA ENCUESTA .....	41
<b>5. RESULTADOS</b> .....	51
5.1. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES ACÚSTICAS .....	52
5.2. RESULTADOS DE LA ENCUESTA .....	60
<b>6. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	71
6.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS MEDICIONES ACÚSTICAS .....	72
6.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA .....	75
<b>7. PROPUESTAS DE MEJORA</b> .....	79
7.1. INTRODUCCIÓN .....	80
7.2. ACTUACIONES PARA REDUCIR EL NIVEL DE EXPOSICIÓN .....	80
7.3. CONCIENCIACIÓN .....	83



---

8. PRESUPUESTO.....	85
9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	91
10. BIBLIOGRAFÍA .....	97



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Previsión del número de personas con pérdida de audición incapacitante a nivel mundial entre 2019 y 2050 (en millones). .....	2
Figura 2. Línea temporal de la empresa.....	6
Figura 3. Ubicación de la empresa. ....	7
Figura 4. Distribución y dimensiones de cada área de la empresa.....	9
Figura 5. Cables de cobre multipares.....	10
Figura 6. Cable de fibra óptica multitubo. ....	11
Figura 7. Microcable de fibra óptica. ....	11
Figura 8. Cables de acometida.....	12
Figura 9. Cable para instrumentación. ....	12
Figura 10. Cable para el control.....	12
Figura 11. Relación entre situaciones cotidianas y niveles de ruido. ....	15
Figura 12. Representación frecuencia / nivel de presión sonora. ....	16
Figura 13. Sonómetro. ....	21
Figura 14. Calibrador acústico. ....	21
Figura 15. Dosímetro. ....	22
Figura 16. Distribución de la planta de fabricación.....	23
Figura 17. Trefiladora. ....	24
Figura 18. Aisladoras. ....	24
Figura 19. Pareadoras y cuadreteadoras. ....	25
Figura 20. Cableadoras. ....	25
Figura 21. Cableteadora mixta.....	26
Figura 22. Trenzado. ....	26
Figura 23. Cable con corona de cobre.....	26
Figura 24. Armado.....	27
Figura 25. Cubiertas. ....	27
Figura 26. Inspección. ....	28
Figura 27. Derechos de los trabajadores en materia de prevención de riesgos laborales. ....	30
Figura 28. Aplicación del Real Decreto 286/2006 (1/2).....	33
Figura 29. Aplicación del Real Decreto 286/2006 (2/2).....	33
Figura 30. Metodología de seguimiento a lo largo del TFG.....	36
Figura 31. Trefiladora aislada. ....	38
Figura 32. Posición de los cinco puntos de medición en la fábrica.....	40
Figura 33. Encuesta a los trabajadores.....	48
Figura 34. Mediciones del nivel de ruido en el punto 1 (Aisladoras). ....	53
Figura 35. Espectro del nivel de ruido en el punto 1 (Aisladoras). ....	53
Figura 36. Mediciones del nivel de ruido en el punto 2 (Trenzado). ....	54
Figura 37. Espectro del nivel de ruido en el punto 2 (Trenzado). ....	54



Figura 38. Mediciones del nivel de ruido en el punto 3 (Armado).....	55
Figura 39. Espectro del nivel de ruido en el punto 3 (Armado). ....	55
Figura 41. Espectro del nivel de ruido en el punto 4 (Cubiertas). ....	56
Figura 40. Mediciones del nivel de ruido en el punto 4 (Cubiertas). ....	56
Figura 43. Espectro del nivel de ruido en el punto 5 (Cableadoras). ....	57
Figura 42. Mediciones del nivel de ruido en el punto 5 (Cableadoras). ....	57
Figura 44. Mediciones del nivel de ruido en el cuarto de calderas.....	60
Figura 45. Espectro de ruido en el cuarto de calderas. ....	60
Figura 46. Representación gráfica de la muestra de trabajadores.....	61
Figura 47. Edad de los encuestados. ....	62
Figura 48. Años que llevan los encuestados trabajando en las instalaciones.....	62
Figura 49. Género de los encuestados. ....	62
Figura 50. Puesto de trabajo de los encuestados. ....	63
Figura 51. Frecuencia con la que los trabajadores fomentan lugares con altos niveles de ruido.....	64
Figura 52. Horas al día que los trabajadores escuchan música con auriculares. ....	64
Figura 53. Comparación del nivel de ruido de la empresa con otras.....	65
Figura 54. Evaluación del nivel de ruido en la fábrica. ....	65
Figura 55. ¿El nivel de ruido dificulta la concentración o distrae a los empleados? ..	66
Figura 56. ¿Molesta el nivel de ruido a los empleados?.....	66
Figura 57. Uso de EPIs en los empleados.....	67
Figura 58. ¿Se deberían tomar medidas para reducir los niveles de ruido?.....	68
Figura 59. Clasificación de las fuentes de ruido que más afectan a los operarios. ....	69
Figura 60. Áreas con mayores niveles de ruido identificadas por los operarios. ....	69
Figura 61. Localización de las zonas con mayores niveles de ruido percibidos por los trabajadores. ....	70
Figura 62. Mapa de ruido a partir de las mediciones. ....	72
Figura 63. Real Decreto 286/2006. ....	73
Figura 64. Antiguas calderas. ....	74
Figura 65. Calderas modernas.....	74
Figura 67. Medidas para la reducción del nivel de ruido.....	81
Figura 69. Tapones de espuma moldeable.....	81
Figura 70. Tapones de oídos premoldeados.....	82
Figura 71. Tapones auditivos semiaurales. ....	82
Figura 72. Orejeras con protección auditiva.....	82
Figura 73. Bases de cotización contingencias comunes. ....	87
Figura 74. ODS 3: Salud y bienestar. ....	94
Figura 75. ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico.....	94
Figura 76. ODS 9: industria, innovación e infraestructura.....	95



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución del número de trabajadores de la empresa del año 2019 al 2023. .....	5
Tabla 2. Características del sonómetro empleado para las mediciones. ....	39
Tabla 3. Parámetros de medida del sonómetro.....	39
Tabla 4. Condiciones meteorológicas de la fábrica en el momento de las mediciones. .....	40
Tabla 5. Niveles medios de exposición, de pico y desviaciones en función de cada punto de medición. ....	58
Tabla 6. Relación entre la molestia del nivel de ruido con el uso de tapones auditivos. .....	67
Tabla 7. Prueba de Kruskal-Wallis en relación a la edad de los encuestados y la frecuencia con la que fomentan lugares con altos niveles de ruido. ....	75
Tabla 8. Prueba de Kruskal-Wallis en relación al puesto de trabajo de cada encuestado y si han notado o no una pérdida de audición. ....	76
Tabla 9. Prueba de Kruskal-Wallis en relación al puesto de trabajo de cada encuestado y la molestia del ruido. ....	77
Tabla 10. Prueba de Kruskal-Wallis en relación a los encuestados que utilizan los protectores auditivos y la molestia al ruido que puedan sentir en sus puestos de trabajo.....	77
Tabla 11. Desglose del plan de inversión.....	86
Tabla 13. Coste real durante las mediciones.....	87
Tabla 14. Nómina del auxiliar técnico. ....	88
Tabla 15. Nómina del ingeniero.....	88
Tabla 16. Coste del proyecto.....	89



---

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación para el cálculo del nivel de presión sonora (Ecuación 1) .....	15
Cálculo de la presión sonora a partir del nivel de presión sonora (Ecuación 2) .....	52



# 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS



## 1.1. INTRODUCCIÓN

El ruido representa un importante riesgo ocupacional que afecta no solo en el ambiente laboral, sino que además influye en la calidad de vida del día a día de las personas. En la actualidad continúa habiendo un importante desconocimiento acerca de los efectos que éste puede causar en la salud física y mental de los trabajadores. La exposición al mismo se traduce en síntomas como el estrés, la fatiga, una disminución de la capacidad de concentración... en conclusión, disminuye la productividad. Uno de los principales peligros del ruido radica en su naturaleza gradual, a menudo los individuos no son conscientes de los daños que este produce hasta que ya se vuelven irreversibles, por ello, es de vital importancia que las organizaciones realicen estudios de forma periódica y se tomen las medidas de prevención oportunas.

En la Figura 1 se evidencia el gran impacto en las personas afectadas por esta enfermedad, y es que en 2019 aproximadamente 430 millones de personas en el mundo padecían pérdida auditiva incapacitante, es decir, una disminución auditiva superior a 35 decibelios en su oído más sensible. Se estima que esta cifra continuará en aumento, superando incluso los 700 millones de personas en el año 2050.

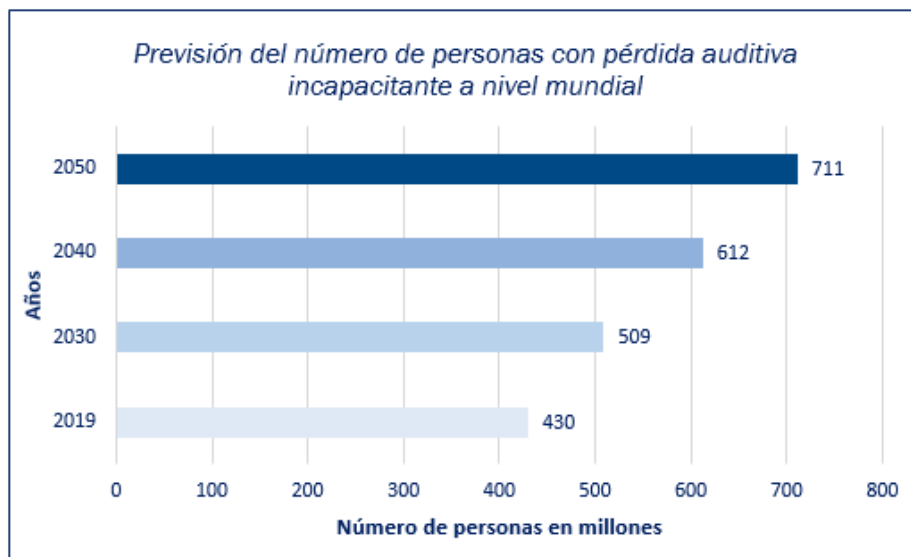


Figura 1. Previsión del número de personas con pérdida de audición incapacitante a nivel mundial entre 2019 y 2050 (en millones) (Statista, 2022).

Las estadísticas son verdaderamente alarmantes, de ahí la necesidad de encontrar remedios y medidas, no solo para solucionar la pérdida auditiva en sí, sino por la diversidad de problemas que esto conlleva.



Cabe destacar que a medida que avanza la edad, la enfermedad se agrava y se produce una pérdida auditiva en un espectro de frecuencias cada vez más amplio, comenzando por afectar a aquellos sonidos más agudos y, finalmente, dificultando incluso la capacidad comunicativa. Por lo tanto, es esencial reconocer que, aunque la pérdida auditiva es permanente e irreversible, puede ser prevenible, por ello es fundamental adoptar medidas de cuidado desde una edad temprana.

En el contexto laboral, un estudio exhaustivo que conduzca a una adecuada prevención puede evitar daños significativos en los empleados y, al mismo tiempo, ahorrar a la empresa considerables sumas de dinero al evitar gastos relacionados con indemnizaciones.

Ante el gran desconocimiento sobre este riesgo y las preocupantes estadísticas, se ha decidido llevar a cabo un estudio que, además de evaluar y proponer mejoras en las condiciones laborales, busque concienciar sobre la importancia de la prevención. Aunque este estudio se enfoca en el entorno laboral, es crucial sensibilizar a todas las personas, y es que todos los individuos estamos constantemente expuesta a altos niveles de ruido.

## 1.2. ALCANCE

Este trabajo se centra en identificar las fuentes generadoras de ruido y medir el nivel de ruido al que se ven expuestos los trabajadores con el objetivo de evaluar el posible impacto en su salud, así como, de analizar la influencia en su productividad. Para ello se tendrá en cuenta la percepción de los mismos, en comparación con los valores objetivos de las mediciones, y de esta forma, se estudiará el cumplimiento con las normativas vigentes y se propondrán acciones con el fin de mejorar las condiciones laborales desde el punto de vista acústico.

En ningún momento se contempla la posibilidad de realizar obras físicas, ni la ejecución inmediata de medidas correctoras, sino que se trata de una propuesta de planes de implementación para la empresa.

## 1.3. OBJETIVOS

Con este trabajo se pretende contribuir a mejorar el bienestar y la seguridad laboral de los trabajadores.

Para lograr el objetivo principal se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Conocer la empresa, a qué se dedica, su proceso productivo, sus líneas de negocio...
- Llevar a cabo medidas acústicas para conocer los niveles a los que se ven expuestos los trabajadores.
- Diseñar y elaborar una encuesta para conocer la percepción que tienen los trabajadores del nivel acústico.



- Llevar a cabo una comparativa entre las medidas objetivas obtenidas gracias a las mediciones y la opinión del nivel acústico recogida a través de las encuestas.
- Verificar si los niveles de ruido cumplen con la normativa vigente.
- Proponer planes de acción que mejoren las condiciones laborales desde el punto de vista acústico, y en consecuencia, la productividad de los empleados.
- Concienciar a los empleados y a los empresarios de la importancia de una buena prevención desde el punto de vista acústico.

#### 1.4. EMPRESA

La empresa en la que se ha llevado a cabo el estudio es una productora de cables a nivel mundial. Su enfoque se basa en la mejora continua, con el objetivo de garantizar la satisfacción de sus clientes, empleados, accionistas y del entorno social.

A continuación, se presentan los pilares fundamentales que definen a la entidad corporativa.

- **MISIÓN** → Adquisición, transformación y venta de cables de cobre y fibra óptica a lo largo de todo el mundo.
- **VISIÓN** → Referente a nivel nacional e internacional en la fabricación de cables.
- **VALORES** → Compromiso con los trabajadores, el medio ambiente, la innovación y la excelencia del producto.

La factoría de cables fue inaugurada el 25 de mayo de 1927 cuando la compañía aún contaba con las empresas CTNE (Compañía Telefónica Nacional de España) e ITT (International Telephone and Telegraph Corporation) como principales accionistas. Su principal motivación a la hora de la creación fue el suministro de material para la CTNE, gracias a la cual, permitiría el despliegue de la red telefónica en España.

Entre los años 1946 y 1956 y tras sucesivas ampliaciones en la empresa, se pasa de poseer una superficie inicial de 3.795 m<sup>2</sup>, a disponer actualmente de 51.000 m<sup>2</sup>. Su primera gran ampliación surgió en 1955, gracias al aumento de la oferta en el catálogo de productos, donde además del cable coaxial con cubierta de plomo se adoptaría la posibilidad de generar cables aislados recubiertos de papel o pulpa. Desde entonces y hasta inicios de la década de 1980, existió una evolución constante que dejó atrás estos cables de papel, pulpa y plomo para ser sustituidos por otros con aislamiento y cubiertas plásticas.

Uno de los momentos más relevantes para la empresa fue en 1981 cuando se fabricó el primer cable de fibra óptica instalado entre las estaciones de Atocha y Chamartín.

A lo largo de su existencia la fábrica ubicada en Cantabria ha estado integrada en diferentes grupos multinacionales, comenzando en 1986 cuando la compañía francesa Alcatel adquirió las actividades de



telecomunicaciones de ITT de todo el mundo, entre ellas, la ya mencionada planta del norte de España. Sin embargo, no fue hasta el año 2000 cuando este grupo sacó a bolsa su filial de cables, cambiando de nombre la compañía y convirtiéndose en el nuevo referente a nivel mundial de cables de comunicación y señalización ferroviaria.

En 2008 tuvo lugar otro cambio en la denominación de la sociedad española, esta vez, tras la adquisición de la planta por un grupo británico. Sin embargo, este nuevo grupo no duró mucho, y es que, tras la insolvencia de los británicos, en mayo del 2012 un nuevo grupo industrial adquirió los activos de la fábrica retomando su actividad en noviembre de 2013 y perteneciendo desde entonces al mayor grupo privado productor de cables de Europa.

Desde 2019 la empresa ha centrado sus niveles de inversión en proyectos de eficiencia energética. Para ello, se ha llevado a cabo un proyecto global de 800 KW separado en tres fases de 200 KW, 200 KW y 400 KW respectivamente, que a día de hoy se encuentran en pleno funcionamiento. Además, se ha implantado un proyecto de inversión para la sustitución integral del sistema de iluminación por tecnología LED. Tras el proyecto se ha logrado cambiar toda la instalación luminosa de la planta contribuyendo de esta manera al compromiso de la empresa con el medioambiente.

Como ya se ha mencionado la empresa ha pasado por varias etapas desde su creación, en la Figura 2 se ha representado la línea temporal de la empresa con todos aquellos eventos más destacados desde su creación hasta la actualidad.

Tras los reiterados grupos multinacionales a los que ha pertenecido la empresa, actualmente la planta cuenta con un total de 77 trabajadores fijos. En la Tabla 1 se puede apreciar la evolución del número de trabajadores en los últimos años.

*Tabla 1. Evolución del número de trabajadores de la empresa del año 2019 al 2023.*

Año	Nº Trabajadores
2019	66
2020	67
2021	67
2022	72
2023	77

Como reflejan los datos, desde que la empresa retomó su actividad en 2013, el número de trabajadores ha crecido significativamente. A pesar de haber comenzado con 25 empleados, diez años después, en 2023, la factoría ya contaba con una plantilla fija de 77 empleados.

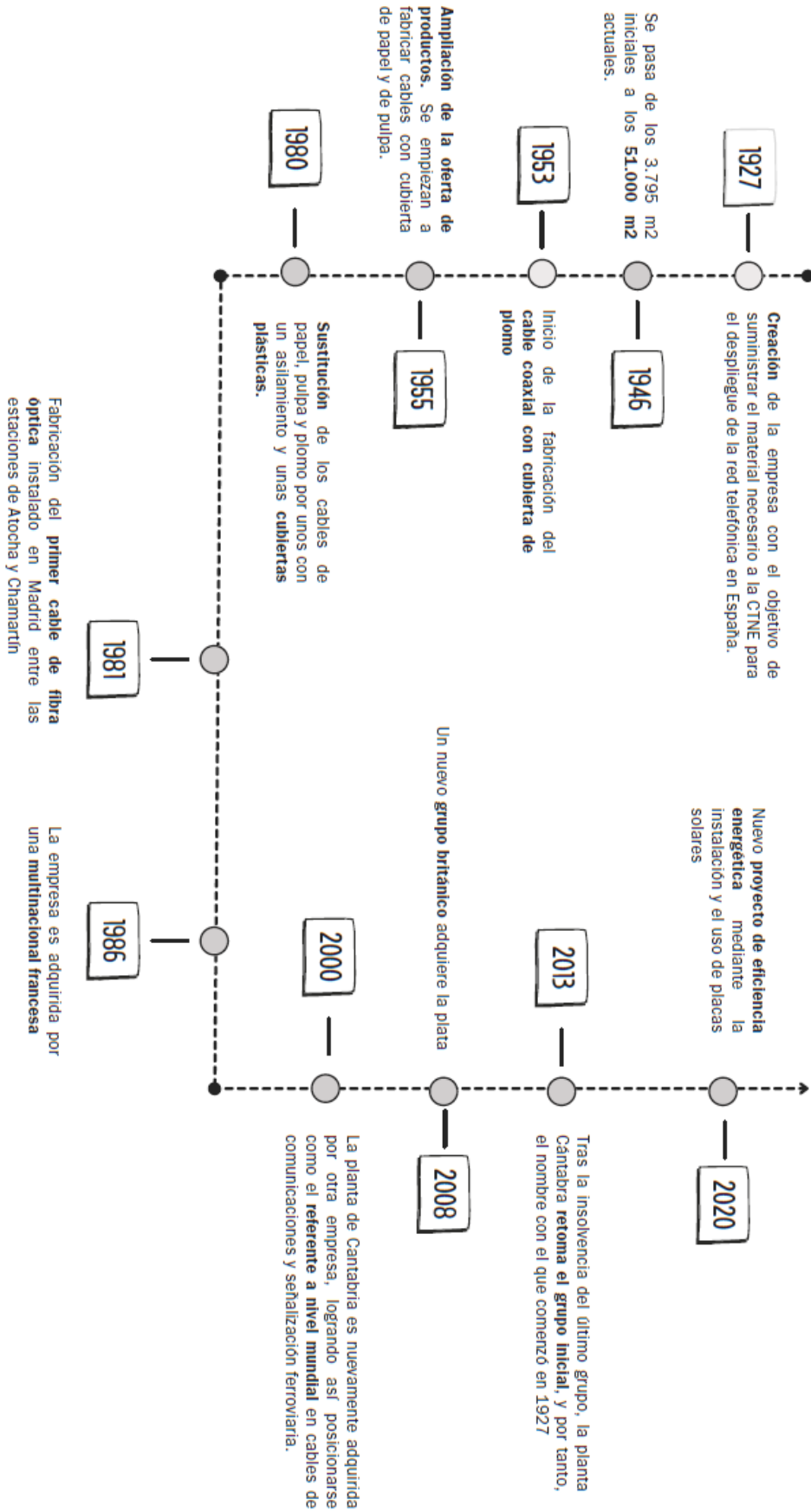


Figura 2. Línea temporal de la empresa.

La empresa se encuentra ubicada dentro del casco urbano a escasos 5 metros de un pueblo con aproximadamente 10.000 habitantes al norte de España. Tal y como se ve representado en la Figura 3, la empresa linda al norte con una carretera, al sur con la ría que atraviesa el municipio, al este, con una línea de ferrocarril y al oeste con una carretera nacional. Esta situación tan próxima al pueblo le obliga a la empresa a cumplir con unos límites bastante restrictivos en cuanto a las emisiones de ruido que genera al exterior.



*Figura 3. Ubicación de la empresa.*

En la Figura 4 se representa cada edificación dentro del recinto de la empresa. Actualmente cuenta con un terreno de  $50.268 \text{ m}^2$  en total, entre los cuales, se encuentra el taller en el que se han llevado a cabo las mediciones, que es la planta baja de la nave A, con un total de  $20.100 \text{ m}^2$ . El resto de naves quedan fuera del alcance de este trabajo, sin embargo, cabe destacar la funcionalidad de cada una de ellas.

La edificación nombrada con la letra Q es el área de portería, por ello mismo, el resalte que se aprecia justo encima es la entrada principal que da acceso a la empresa.

La nave F es el almacén de materia prima, mientras que, a su lado, la zona I es el laboratorio. Al lado de estos, hay dos jardines (zonas grises) diseñados



para el disfrute de los trabajadores y al que pueden acceder en sus periodos de descanso.

Justo debajo de los jardines está el rectángulo T, donde se ubican las calderas, los compresores y generadores. A su lado, la zona A.T alberga el cableado de alta tensión, por lo que se trata de un área vallada y cerrada de forma que se garantiza la seguridad para las personas. Entre ambos se encuentra la zona X, un edificio de 660 m<sup>2</sup> que funciona como taller y oficina para el personal de mantenimiento.

A continuación, la nave C destaca por ser la zona más moderna en cuanto a su maquinaria. En este espacio se lleva a cabo la fabricación del cable de fibra óptica, el tipo de cable más reciente comercializado por la empresa. En este trabajo se ha decidido llevar a cabo el estudio de la planta A debido a sus amplias dimensiones, por tener mayores niveles de ruido y por ser el área donde trabaja el mayor porcentaje de empleados diariamente.

Por último, y aunque de forma aislada, se halla el recinto N, donde se encuentra la zona de carga logística. Se trata de una estructura techada, aunque abierta por los laterales, diseñada para proteger a los trabajadores durante la carga de los cables en los camiones para su comercialización

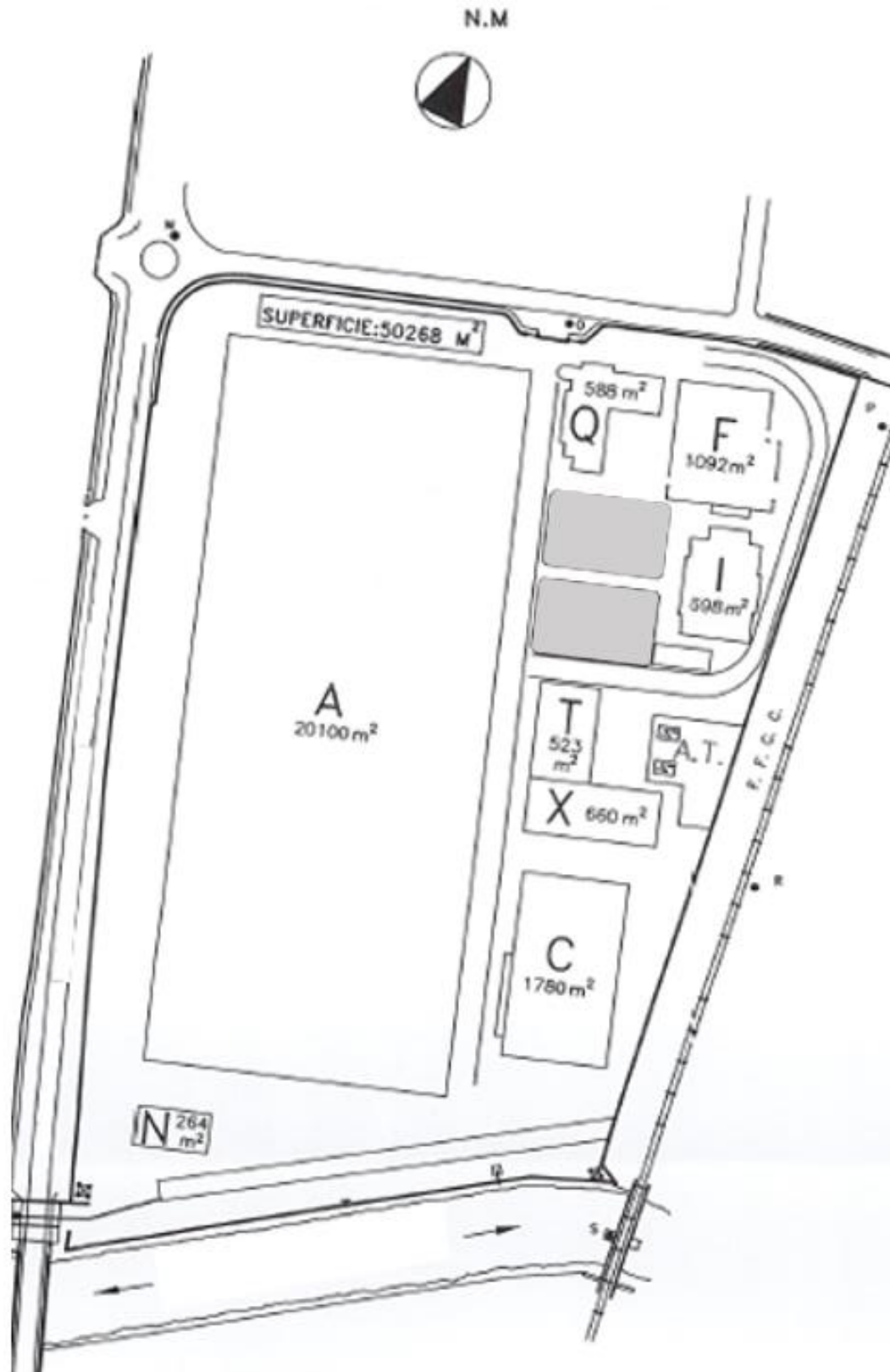


Figura 4. Distribución y dimensiones de cada área de la empresa.

#### 1.4.1. LÍNEAS DE NEGOCIO DE LA EMPRESA

La empresa suministra soluciones de cableado para un amplio abanico de sectores, de acuerdo a los estándares internacionales. A día de hoy cuenta con un catálogo que incluye más de 10.000 referencias entre las diferentes plantas productoras de la Compañía. De esta forma es capaz de suministrar cables para la mayoría de los sectores de actividad, ofreciendo tanto productos normalizados como soluciones específicas desarrolladas gracias a su departamento de I+D+i, logrando satisfacer las necesidades de todos sus clientes.

El rango de productos de la Compañía cubre los siguientes tipos de cables:

- **CABLES DE COBRE MULTIPARES PARA LA TELECOMUNICACIÓN:** Se trata de un conjunto de hilos de cobre con un diámetro de entre 0,4 y 0,6 mm agrupados por pares y trenzados, cubiertos en su mayoría por una capa de material de PVC, o polietileno en su defecto. Cada grupo está formado por 25 pares trenzados tal y como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Cables de cobre multipares (El cajón del electrónico, s.f.).

- **CABLES DE FIBRA ÓPTICA MULTITUBO:** Este tipo de cable (Figura 6) es idóneo para instalaciones en ductos o enterradas. Ofrece una buena resistencia a condiciones climáticas extremas, impactos o tensiones mecánicas. Además, está equipado con una armadura de acero corrugado, lo que le protege eficazmente contra posibles daños ocasionados por roedores. Gracias a su cubierta de polietileno de media densidad y a su robusta armadura de acero corrugado, este cable resulta ideal para instalaciones en áreas donde la presencia de fauna podría comprometer la integridad del cable.



Figura 6. Cable de fibra óptica multitubo (Optronics, s.f.).

- **MICROCABLES DE FIBRA ÓPTICA:** Se trata de todos aquellos cables cuyas dimensiones han sido reducidas al máximo, manteniendo siempre los niveles de fiabilidad exigidos y garantizando su capacidad de transmisión (Figura 7). La reducción en sus dimensiones implica un descenso de la cantidad de materiales empleados en la fabricación, y, en consecuencia, una disminución de su coste. A su vez, los costes de instalación se ven reducidos a medida que disminuyen los costes en la obra civil y el tiempo de instalación.

Actualmente la empresa posee en su oferta cables de hasta 512 fibras ópticas con un diámetro de 1 centímetro.



Figura 7. Microcable de fibra óptica (Optronics, s.f.).

- **CABLES DE ACOMETIDA DE COBRE Y FIBRA ÓPTICA:** Son aquellos cables esenciales a la hora de conectar la red de distribución de energía eléctrica con el sistema interno de un edificio o propiedad (Figura 8). Son necesarios para asegurar una conexión segura y eficiente a la red eléctrica.

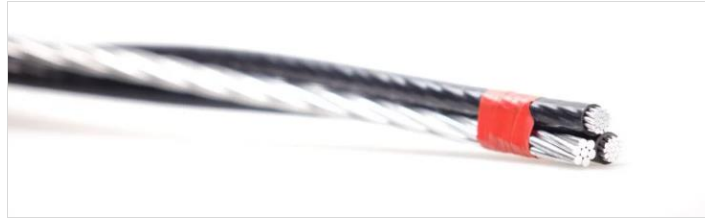


Figura 8. Cables de acometida (ZMS Cable, s.f.).

- **CABLES DE INSTRUMENTACIÓN, SEÑALIZACIÓN Y CONTROL:** Los cables de instrumentación y control son cables multiconductores que transportan señales eléctricas de baja potencia. Suelen ser empleados para monitorear o controlar los sistemas eléctricos y sus procesos asociados.

En la Figura 9 se representa un cable para la instrumentación, y en la Figura 10 un cable para el control.



Figura 9. Cable para instrumentación (EDEMCO, s.f.).

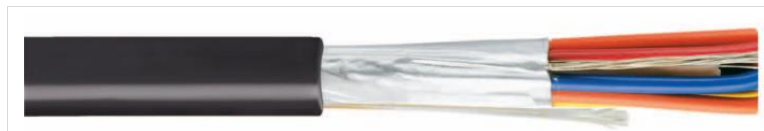


Figura 10. Cable para el control (Shop Audio, s.f.).

- **CABLES DE ENERGIA LOW VOLTAGE (“LV”), MEDIUM VOLTAGE (“MV”) Y HIGH VOLTAGE (“HV”):** Cables con energía de bajo, medio y alto voltaje en función de las necesidades.
- **CABLES ESPECIALES:** Cables con características fuera de lo común, tales como resistencia al fuego o a la humedad.



---

## 2. CONCEPTOS BÁSICOS

---



## 2.1. INTRODUCCIÓN

El sonido se define como una sensación auditiva que llega a nuestros oídos gracias a la propagación de una onda de presión, definida por una intensidad y frecuencia determinada, entre otros atributos (Ochoa, 1990).

Para la gestión del ruido primero es necesario conocer ¿Qué es el ruido? Tal y como lo describe la Real Academia Española, el ruido es “un sonido inarticulado, por lo general desagradable” (RAE, s.f.). De esta forma se podría decir que todos los ruidos son sonidos, pero que no todos los sonidos son ruido, únicamente aquellos no deseados.

Como es previsible, todo ser humano está constantemente afectado por ruido, ya sea en mayor o menor intensidad y durante un mayor o menor tiempo de exposición. Sin embargo, no es a partir del siglo XIX con el desarrollo de nuevos medios de transporte y tras el crecimiento de las ciudades, cuando comienza a aparecer el problema de la contaminación acústica, que posteriormente derivaría en efectos fisiológicos y psicológicos actualmente subestimados e ignorados por la población. De ahí la necesidad de un estudio de concienciación.

Por un lado, la contaminación ambiental está regulada por las ordenanzas municipales, y es que son los ayuntamientos los que regulan estas emisiones de ruido en base a los límites de la Ley del ruido en cada comunidad.

Por otro lado, la revolución industrial trajo consigo mayores niveles de ruido dentro de las fábricas, lo que generaba un nuevo contaminante aún desconocido en el ámbito laboral, de esta forma se exponía a los trabajadores a unos niveles de ruido excesivos en perjuicio de su salud. De acuerdo con el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) la pérdida de audición inducida por el ruido constituye una de las lesiones ocupacionales más frecuentes, además de ser el segundo trastorno ocupacional más comúnmente reportado (NIOSH, 2001). Cabe destacar que independientemente del grupo de edad al que se pertenece, el ruido afecta a todos los individuos, aunque no de la misma forma. A pesar de ser un problema que se agrava con la edad, nadie debería descuidarse, por ello, el mejor remedio para combatir sus efectos es una buena prevención desde edades tempranas.

Esta pérdida auditiva debida a la exposición a altos niveles de ruido puede derivar en una pérdida temporal o permanente, y afectar a uno o ambos oídos (NIDCD, s.f.). Además, se puede manifestar de manera temporal, como resultado de una larga exposición, o de forma instantánea consecuencia de la exposición a ruidos repentinos y/o extremadamente intensos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define como ruido cualquier sonido superior a 65dBA, este ruido se vuelve dañino si supera los 75dBA y doloroso a partir de los 120dBA (IBERDROLA, s.f.).

En la Figura 11 se comparan distintos niveles de ruido con varias situaciones cotidianas, para una comprensión más sencilla de la magnitud.

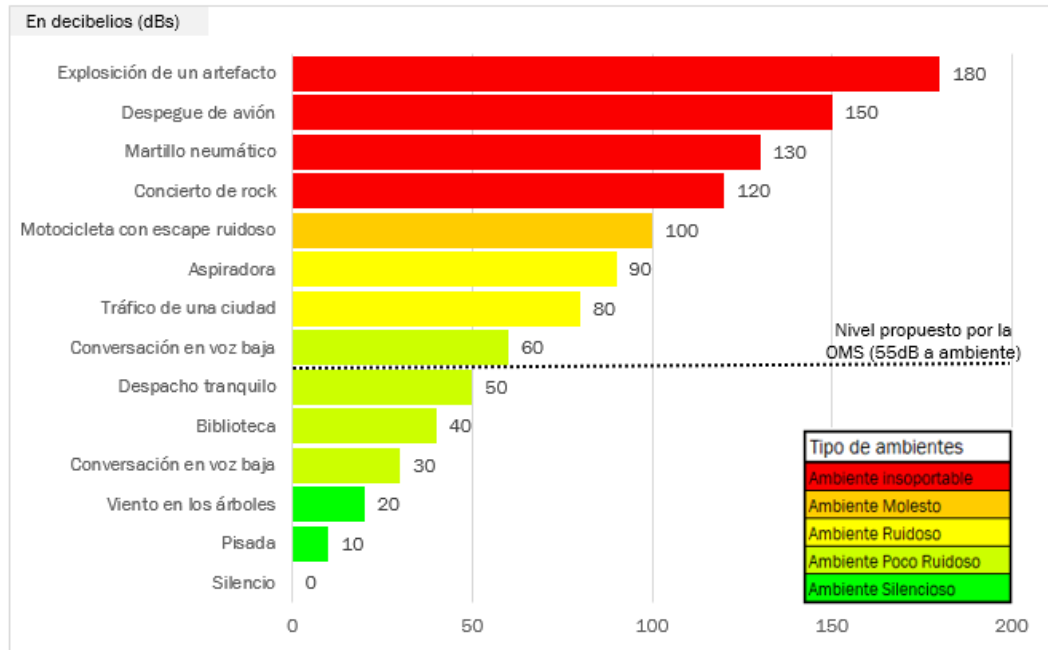


Figura 11. Relación entre situaciones cotidianas y niveles de ruido (ALLPE, 2021).

La exposición a un entorno ruidoso puede tener efectos adversos en la salud de los trabajadores, provocando desde una disminución en el umbral auditivo, hasta ciertos riesgos no relacionados con la audición. A continuación, se detallan algunos de los principales factores que influyen en la pérdida auditiva, como son: el nivel de presión sonora, el tipo de ruido, el tiempo de exposición al ruido, la edad o la susceptibilidad del individuo.

**NIVEL DE PRESIÓN SONORA:** El nivel de presión sonora se define como una magnitud logarítmica que evalúa la presión efectiva de un sonido en relación con un valor de referencia (ecuación 1). Este valor de referencia generalmente corresponde con el mínimo sonido percibido por el oído humano cuando el medio de transmisión es el aire ( $P_0=20\mu\text{Pa}$ ) (Vibration, 2024).

$$L_p(\text{dB}) = 20 \cdot \log \frac{P(\text{Pa})}{P_0(\text{Pa})} \quad (\text{Ecuación 1})$$

En la Figura 12 se ilustra una relación gráfica entre la frecuencia y el nivel de presión sonora. En ella destacan ciertos puntos clave como el umbral de audición, el umbral de dolor y los niveles de riesgo auditivo, además de las frecuencias asociadas a la voz humana y a la reproducción musical.

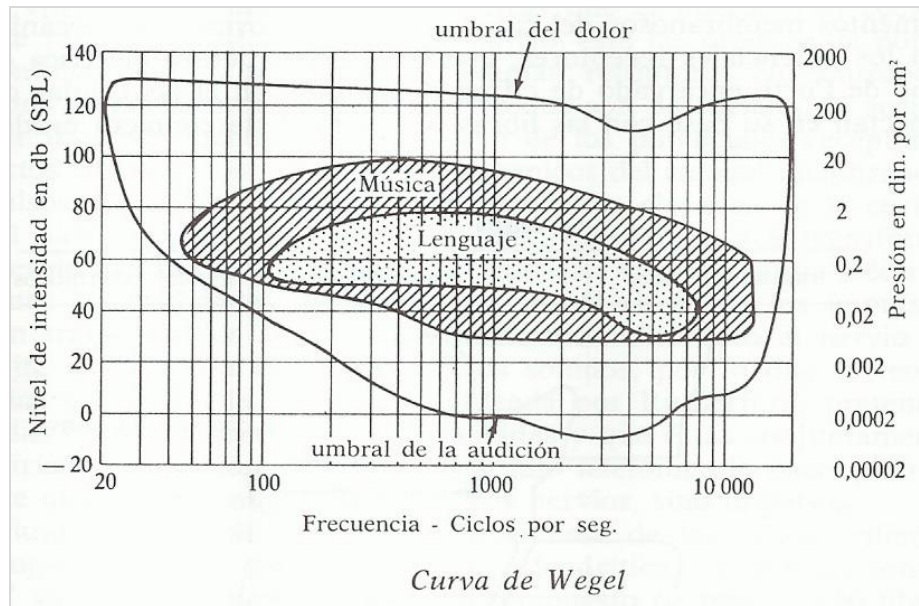


Figura 12. Representación frecuencia / nivel de presión sonora (Iribar, s.f.).

**TIPO DE RUIDO:** En función del nivel de ruido y la duración de su impacto encontramos:

- **RUIDO CONTINUO:** su intensidad permanece constante a lo largo del tiempo
- **RUIDO INTERMITENTE:** el nivel de ruido aumenta y disminuye rápidamente.
- **RUIDO FLUCTUANTE Y VARIABLE:** el nivel de ruido varía sin ningún tipo de patrón definido.
- **RUIDO DE IMPACTO O IMPULSO:** presencia de picos de alta intensidad durante un corto periodo de tiempo.

Cabe destacar que los ruidos discontinuos poseen un impacto más perjudicial en comparación con los ruidos continuos. Además, aquellos ruidos de banda estrecha impactan con mayor nocividad en la salud del individuo ante los ruidos de banda ancha.

**TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL RUIDO:** Es conveniente tener en cuenta tanto la duración diaria/semanal de la exposición al ruido como la edad laboral o el tiempo que un trabajador ha estado expuesto a un nivel de ruido específico. Según el Real Decreto 286/2006 (BOE, Real Decreto 286/2006, 2006) el valor límite de exposición durante una jornada laboral completa es de 87dB(A). Además, a medida que aumenta el tiempo de exposición, aumenta el riesgo de pérdida de audición.

**EDAD:** Las probabilidades de sufrir una pérdida de audición se incrementan con la edad y es que la capacidad auditiva tiende a deteriorarse con el tiempo, de la misma forma que los órganos del cuerpo sufren el envejecimiento.

Con el paso del tiempo es posible que las células sensoriales del oído interno experimenten un deterioro, así como que la estructura del oído sufra



modificaciones. Esto conlleva a una mayor susceptibilidad a los ruidos, dificultades para discernir entre sonidos similares y una disminución en la capacidad de percibir sonidos de alta frecuencia.

**SUSCEPTIBILIDAD INDIVIDUAL:** Hace referencia a las características individuales que determinan la forma en que cada persona responde a la exposición al ruido, las cuales pueden variar considerablemente según las condiciones y los antecedentes personales de cada individuo. Esta respuesta suele ser única para cada persona y se ve influenciada por una diversidad de factores tales como la predisposición genética, las experiencias previas, el nivel de estrés, los aspectos psicológicos, el estado de salud, la fuente generadora del ruido, entre otros muchos.

Diferentes estudios coinciden en que la incidencia y repercusión del ruido es mayor en los hombres que en las mujeres. La estimación es que el riesgo de hipoacusia o pérdida auditiva por exposición al ruido es 2,5 veces mayor entre los hombres que entre las mujeres. Un estudio llevado a cabo por la universidad de Valencia junto con el Ministerio de Sanidad ha realizado encuestas a un grupo de personas de diferentes edades, diferentes grados de estudio y diferente género y se ha llegado a la siguiente conclusión: “Se aprecia una mayor proporción de hombres que declaran estar muy molestos por el ruido, 32% frente a 22% en mujeres” (M. M. Morales Suárez-Varela, 1993).

## 2.2. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA AUDICIÓN

**HIPOACUSIA:** Se trata de la leve/moderada pérdida auditiva que no supera los 70dBA (CIO, 2021). En función de la parte del oído afectada y del nivel de pérdida auditiva que tenga una persona podemos encontrarnos distintos tipos de hipoacusia tales como: hipoacusia conductiva, hipoacusia neurosensorial o hipoacusia mixta.

- **HIPOACUSIA CONDUCTIVA:** Afecta al oído externo y medio, es producido cuando las ondas sonoras no logran pasar al oído interno.
- **HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL:** Es una alteración del sonido debido a un daño en el oído interno y/o nervio auditivo. El principal, aunque no único motivo de esta afección se debe al envejecimiento que afecta a las células ciliadas, a causas hereditarias o a anomalías durante las etapas de gestación del feto.
- **HIPOACUSIA MIXTA:** Se trata de una combinación de la hipoacusia conductiva y la hipoacusia neurosensorial, de forma que hay daños tanto en el oído externo/medio como en el oído interno. De esta forma altera tanto a la transmisión como a la recepción del sonido.

**SORDERA:** Se define como sordera a la pérdida o anormalidad de una función anatómica y/o fisiológica del sistema auditivo, lo que deriva en una incapacidad inmediata a la hora de recibir el sonido, resultando como impedimento para el lenguaje oral (Carrascosa García, 2015).

Una forma de distinguir entre la hipoacusia y la sordera es que la sordera se refiere a una pérdida de audición que supera los 70dB permitiendo oír únicamente aquellos sonidos ambientales de gran intensidad. En este



contexto, el uso de audífonos no resulta tan efectivo como en el caso de la hipoacusia. Cuando la sordera es producida a causa de una exposición prolongada a lo largo de los años en el lugar de trabajo, se le denomina sordera profesional (AURAL, s.f.).

Como se ilustra en la Figura 12, cuando nos encontramos expuestos a niveles superiores a 100 decibelios (dB) entramos en una fase de "riesgo de daños", lo que implica una amenaza de pérdida auditiva inmediata. Por otro lado, a partir de los 85 dB, existe un riesgo de pérdida auditiva crónica.

Aquellas personas que se exponen a ambientes con ruidos constantes no suelen experimentar un daño auditivo de manera inmediata, más bien, este deterioro tiende a desarrollarse gradualmente con el tiempo. Este fenómeno conlleva un riesgo significativo, dado que la persona afectada puede no percatarse de la pérdida auditiva hasta el momento en que ya se encuentra en un estado avanzado e irreversible.

**PRESBIACUSIA:** Se trata de una disminución gradual de la audición a medida que se avanza en edad, siendo causada por el deterioro del sistema auditivo, particularmente del oído interno. Esta pérdida auditiva es una consecuencia natural del proceso de envejecimiento, donde el canal auditivo va experimentando una progresiva pérdida debido al desgaste general de los órganos. Por lo general, los síntomas comienzan a manifestarse alrededor de los 60 o 65 años de edad. Es una de las enfermedades más frecuentes en adultos al entrar en edad avanzada (NIH, s.f.).

Tal y como dice el instituto de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello de Madrid, “esta enfermedad afecta aproximadamente a un 23% de la población mundial entre los 65 y 75 años, al 40% de la población mayor de 75 años y a más del 80% en mayores de 85 años”. Sin embargo, esto no descarta que no puedan darse casos en edades mucho más tempranas, de ahí la importancia de una buena concienciación (IOM, s.f.).

**FATIGA AUDITIVA:** El centro terapéutico de audición define fatiga auditiva como, “descenso de la capacidad auditiva no irreversible causada por la exposición a un exceso de ruido” (OTOTECH, s.f.). Esto es, un ruido muy intenso, aunque de poca duración, que afecta al nervio acústico y a las células del oído interno de forma reversible. Al ser una pérdida temporal, de alguna forma podemos decir que se trata de un “aviso” que nos da el cuerpo para alertarnos de la necesidad de alejarnos de ese ruido de alta intensidad. Es importante hacer caso a estas señales, ya que una exposición prolongada en el tiempo podría derivar en una pérdida de audición irreversible.

**TINNITUS O ACÚFENO:** Es la percepción de un sonido que no tiene fuente externa, y por lo tanto, no permite a gente externa escucharlo. Coloquialmente podemos definirlo como un zumbido, un timbre, un ruido continuo o intermitente en los oídos. Es un problema común que afecta entre un 15% y un 20% de la población, y que provoca alteraciones y un estado de irritación y malestar continuo que puede derivar en problemas a la hora de conciliar el sueño, en la falta de concentración e incluso dificulta la realización de actividades cotidianas (AURAL, s.f.).



**TRAUMA ACÚSTICO AGUDO Y CRÓNICO:** el primero de ellos, el trauma acústico agudo, se produce tras la exposición a un ruido extremadamente alto en un solo evento. Por otro lado, el trauma acústico crónico se produce a partir de una exposición continua a ruidos fuertes durante un periodo prolongado en el tiempo.

### 2.3. EFECTOS NO AUDITIVOS DEL RUIDO

Cuando hablamos de factores “no auditivos” nos referimos a efectos fisiológicos y psicológicos causados por la exposición a altos niveles de ruido. A continuación, se enumeran algunas de sus consecuencias más frecuentes (IBERDROLA, s.f.), (PROSAC, 2021).

- **PROBLEMAS CARDIOVASCULARES.** La exposición al ruido activa el sistema nervioso simpático lo que deriva en un aumento de la frecuencia cardiaca, y por consiguiente de la presión arterial, fuente de grandes enfermedades.
- **ESTRÉS Y ANSIEDAD.** La activación del sistema nervioso simpático libera hormonas del estrés como el cortisol y la adrenalina, lo que hace que aumenten los niveles de estrés y ansiedad.
- **DEPRESIÓN Y FATIGA.** Efectos como el estrés o la interrupción constante del sueño afectan negativamente al estado de ánimo y a la energía, induciendo al desarrollo de enfermedades como la depresión y la fatiga.
- **PERTURBACIONES DEL SUEÑO.** La exposición al ruido interfiere en la capacidad de conciliar y mantener el sueño, reduciendo la calidad y duración del descanso y provocando insomnio y despertares frecuentes.
- **PROBLEMAS DE COMUNICACIÓN.** Los altos niveles del ruido dificultan la capacidad de entender el habla, afectando a la comunicación interpersonal y generando malentendidos y dificultades en las relaciones personales.
- **BAJO RENDIMIENTO LABORAL.** La exposición al ruido provoca sensaciones de molestia que aumentan la irritabilidad y el nerviosismo.
- **MOLESTIAS, NERVIOSISMO, AGRESIVIDAD E IRRITABILIDAD.** Pueden surgir debido a ciertos efectos del ruido, causados por la frustración de no poder conciliar el sueño, por malentendidos, o simplemente por la incapacidad de escapar de este ruido. Esto puede afectar a actividades del día a día e incluso provocar un bajo rendimiento laboral.
- **SENSACIÓN DE VÉRTIGO Y NAUSEAS.** En el oído interno se encuentra el sistema vestibular, encargado de mantener el equilibrio. Y es que la exposición al ruido puede derivar en un desequilibrio o un mal funcionamiento del sistema, lo que provoca síntomas como mareos, vértigos o náuseas.
- **ALTERACIÓN DEL SISTEMA DIGESTIVO.** Como consecuencia del estrés provocado por el ruido, la afectación del sistema nervioso simpático puede derivar en molestias a la hora de hacer la digestión y afectar a la motilidad gastrointestinal.



## 2.4. APARATOS PÓRTATILES PARA MEDIR EL NIVEL DE RUIDO EN EL PUESTO DE TRABAJO

Los aparatos para medir el nivel de ruido son instrumentos diseñados para cuantificar la cantidad de sonido en un entorno específico. Son esenciales en una variedad de campos, de forma que proporcionan mediciones objetivas permitiendo evaluar así el cumplimiento de la normativa, identificar fuentes de ruido problemáticas y evaluar medidas correctivas en caso de que fuese necesario.

**SONÓMETRO:** Instrumento empleado para medir niveles de presión sonora en decibelios (dB). A diferencia del oído humano, este nos aporta valores objetivos.

Los elementos principales de un sonómetro son: el micrófono, el preamplificador, el amplificador y un dispositivo de lectura. Dicho instrumento procesa los niveles de ruido a medida que los recibe y los muestra sucesivamente o en intervalos de tiempo determinados. En este caso el sonómetro empleado proporciona medidas integradas permitiendo recopilar varias mediciones para su análisis posterior.

Los sonómetros se clasifican en función de su precisión en tres clases. Los sonómetros de clase 0, empleados estrictamente en laboratorios, los de clase 1, utilizados en entornos urbanos (trabajos de campo que requieren precisión) y los de clase 2, para uso en entornos laborales (permite realizar mediciones generales en los trabajos de campo). Es decir, los sonómetros de clase 0 son los que más precisión tienen y los de clase 2 los que menos precisión aportan.

En el caso donde se utilice un sonómetro integrador este debe colocarse a la altura de la cabeza del trabajador, y sin estar presente, o en caso de no poder abandonar su puesto, situado lo más alejado posible del instrumento para evitar interferencias en las ondas con la presencia del cuerpo. Además, el sonómetro debe orientarse formando un ángulo de 30° con su dirección de propagación y no directamente dirigido hacia la fuente de ruido (Romina Del Milagro Gilabert, 2019). Para la resolución del TFG se ha empleado el sonómetro 2260 de Brüel y Kjaer que se muestra en la Figura 13.



Figura 13. Sonómetro (Brüel & Kjaer 2260 Investigator/Evaluator | Leasametric, s.f.).

**CALIBRADOR ACÚSTICO:** Es una fuente de sonido que por lo general emite niveles de ruido constantes de 94 dB, 104 dB o 114 dB a una frecuencia de 1.000 Hz. Conociendo previamente el nivel de ruido que genera el calibrador se comprueba la aptitud de los dispositivos de medición (Robert).

En las situaciones donde se requiera de una calibración completa para varias bandas de frecuencia se empleará un pistófono en vez de un calibrador, para este estudio no ha sido necesario.

Antes y después de cada medición se debe comprobar que los dispositivos están correctamente calibrados. En caso de superar las tolerancias el aparato debe ser revisado, si además es necesaria una reparación, se deberá calibrar tras la reparación. Para la realización del TFG se ha empleado el calibrador de Brüel y Kjaer que aparece en la Figura 14.



Figura 14. Calibrador acústico (Brüel, s.f.).



Se estudió la posibilidad de recoger más datos con la ayuda de un dosímetro como el de la Figura 15. Este es un aparato diseñado para ser portado por un trabajador y es recomendable usarlo en casos donde el puesto implique movilidad, su patrón de trabajo sea complejo o impredecible, o en situaciones donde la variación del nivel de ruido a lo largo de la jornada sea muy grande. En la fábrica, los trabajadores se enfrentan a unos niveles de ruido constantes a lo largo de toda la jornada, por ello, se descartó el uso del dosímetro entre los aparatos de medida.



Figura 15. Dosímetro (PCE, s.f.).

## 2.5. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CABLE DE COBRE

Previo al análisis del nivel de exposición de los trabajadores se ha estudiado el proceso de fabricación del cable de cobre en la empresa en la que se han llevado a cabo las mediciones.

A continuación, en la Figura 16 se muestra una visión general de la planta de fabricación, dividida por zonas, en función de las etapas de fabricación del cable.

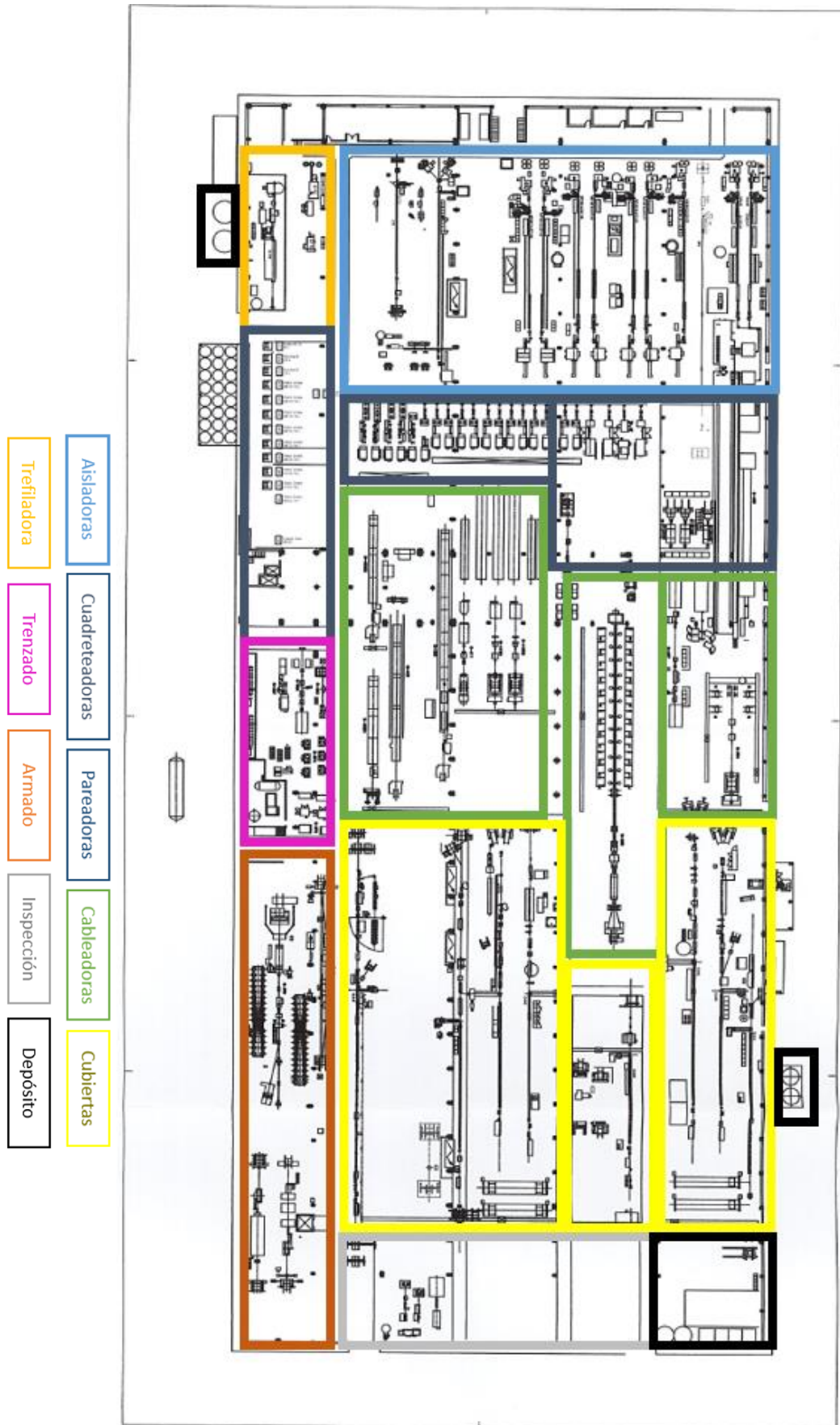


Figura 16. Distribución de la planta de fabricación.

Se analizará con más detalle cada una de las etapas que se deben seguir para la fabricación del cable de cobre, apoyándonos en el plano de la empresa y ampliando cada zona en la que se lleva a cabo cada una de las etapas.

- **ETAPA 1: TREFILADORA** (Figura 17).

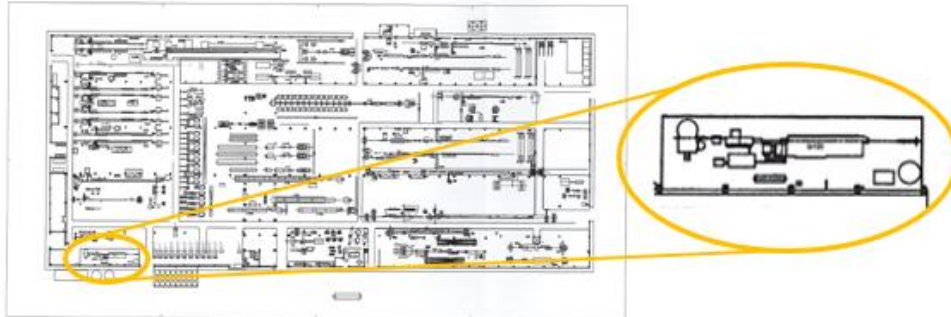


Figura 17. Trefiladora.

Se compra el cobre suministrado en grandes bobinas con forma de alambre, y para reducir su diámetro de gran tamaño, se introduce en la trefiladora.

La gran mayoría de los empleados coinciden en que sin duda es la máquina que más ruido genera de la empresa, por ello, se encuentra aislada y se enciende únicamente durante algunas de las jornadas nocturnas. El cobre se introduce en esta primera máquina donde disminuirá su diámetro, pasando de los 8mm iniciales hasta finalmente lograr un cable de 2,5mm.

- **ETAPA 2: AISLADORA** (Figura 18).

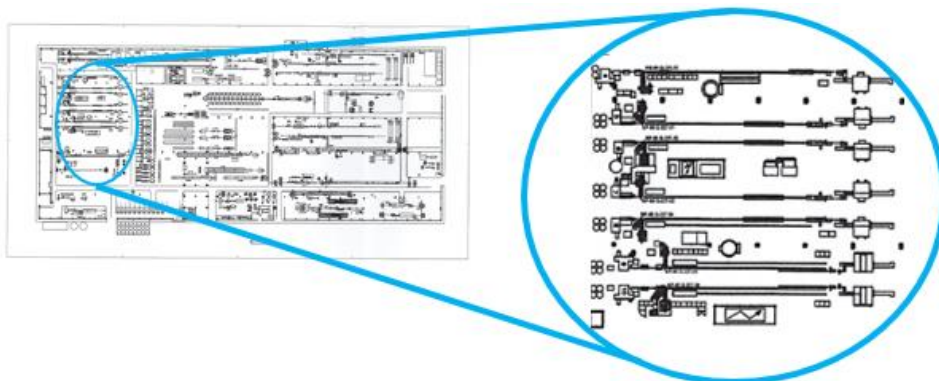


Figura 18. Aisladoras.

La planta dispone de un total de 5 aisladoras, a pesar de que a día de hoy y debido a la demanda del mercado no se requiere del funcionamiento simultáneo de todas ellas.

La variedad de aisladoras se debe al tipo de cable que se desea lograr, y es que varían en función del diámetro y del material final que lo recubre. Sin embargo, la finalidad de todas ellas coincide y es que reduce aún más el diámetro de 2,5mm que dejó en un primer momento la trefiladora. Al finalizar la reducción se le añade al cobre una primera capa plástica de recubrimiento. De alguna forma se puede decir que hace honor a su nombre “aislando” el cable.

- **ETAPA 3: PAREADORAS Y CUADRETEADORAS** (Figura 19).

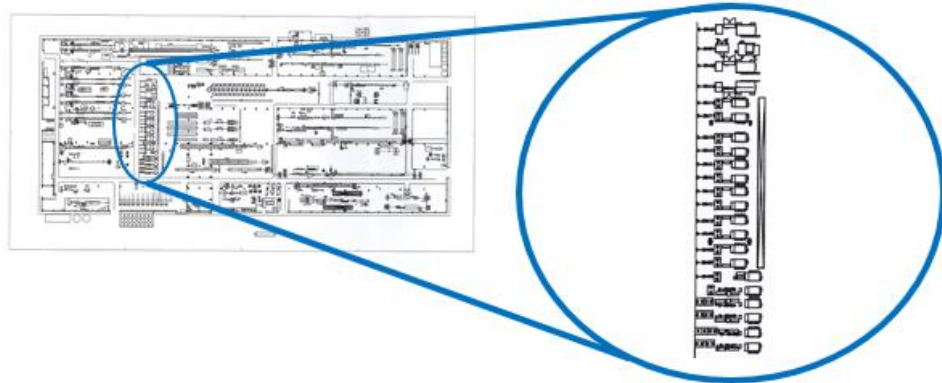


Figura 19. Pareadoras y cuadreteadoras.

Dependiendo el tipo de cable deseado es necesario el paso por la pareadora, la cuadreteadora, o incluso, se podría saltar esta etapa. Tal y como su propio nombre indica las primeras cogen dos hilos de las aisladoras y los parean, es decir, los juntan con una pequeña torsión, mientras que las segundas repiten el proceso, esta vez, con 4 hilos.

- **ETAPA 4: CABLEADO** (Figura 20).

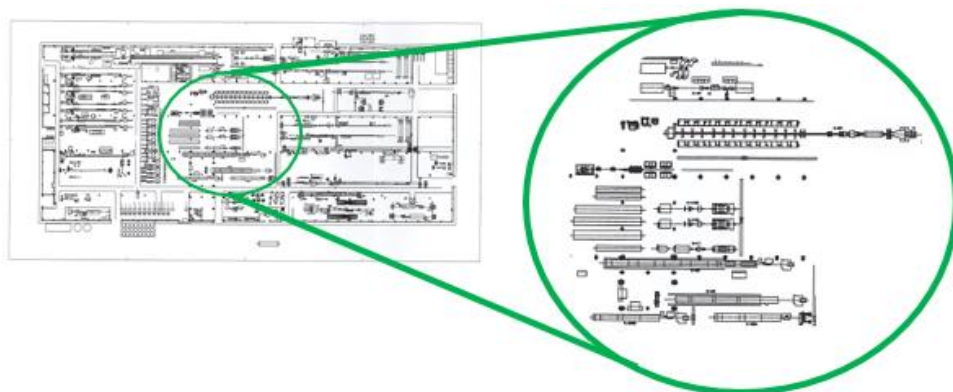


Figura 20. Cableadoras.

Cada fase continúa con lo hecho en la etapa previa. Esta etapa no iba a ser menos, junta tantos pares o cuadretes como el producto final requiera, y siempre con una pequeña torsión. Finalmente, se le añade al cable capas del material aislante que de forma previa ha solicitado

el cliente. En la Figura 21 se observa una cableteadora con dimensiones muchos más grandes que el resto. Se trata de una cableteadora mixta, cuya finalidad es la misma que la del resto, a diferencia de que esta última es capaz de trabajar con una mayor cantidad de pares de cobre, logrando incluso juntar 1.000 o 2.400 cables. A día de hoy ya casi no se requieren cables de tan grandes dimensiones, por ello, es una máquina que raramente está en uso.

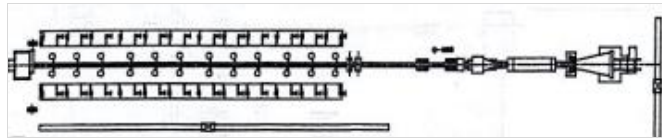


Figura 21. Cableteadora mixta.

– **ETAPA 5: TRENZADO** (Figura 22).

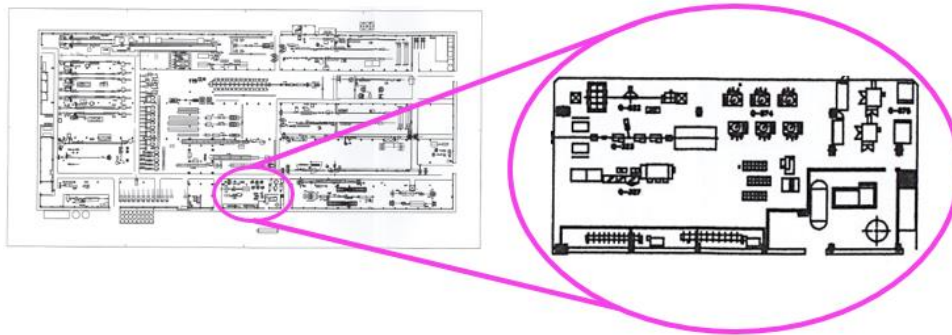


Figura 22. Trenzado.

No es una etapa necesaria en la producción de todos los tipos de cables, solo en algunos muy concretos. Tras su paso por el cableado, en el trenzado se le añade al cable una corona de hilos de cobre como el de la Figura 23, proporcionándole una cobertura completa.



Figura 23. Cable con corona de cobre.

- **ETAPA 6: ARMADO** (Figura 24).

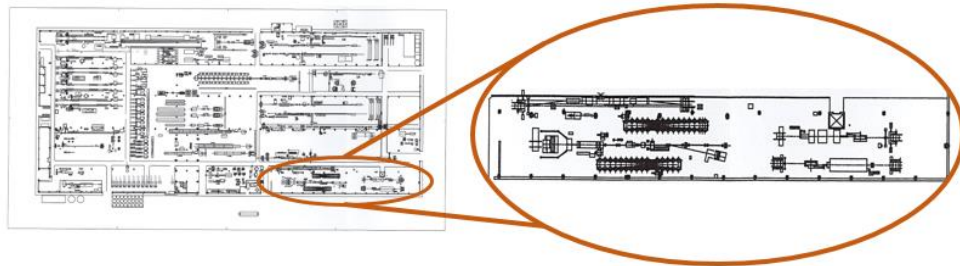


Figura 24. Armado.

En esta etapa, tal y como su propio nombre indica se “arma” el cable. Para ello se le añade una cobertura de cinta de acero que le proporciona una mayor resistencia. Los cables que disponen de esta cobertura especial, suelen emplearse en lugares que requieren de una vida útil más resistente, como es el caso de las telecomunicaciones en carreteras o ferrocarriles.

- **ETAPA 7: CUBIERTAS** (Figura 25).

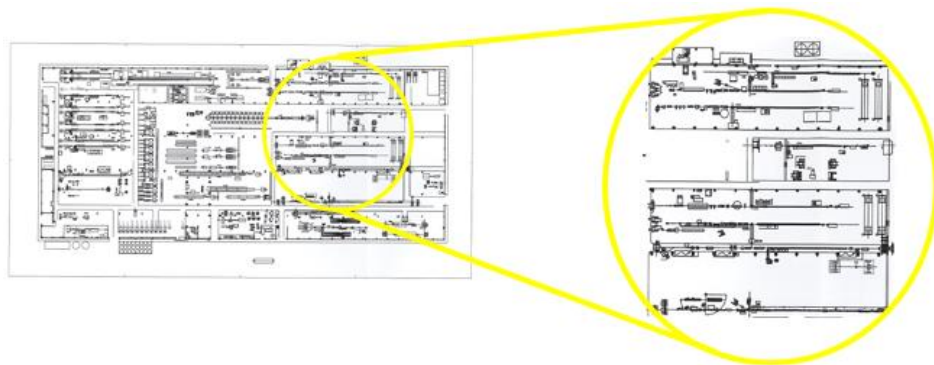


Figura 25. Cubiertas.

Es siempre la última fase del cable, aunque puede haber otras después, y es que, tras la etapa de cubiertas puede volver a pasar por el armado, aunque siempre debe volver a la etapa de cubiertas para poder finalizar el proceso.

Esta última fase, tal y como su propio nombre indica, se encarga de ponerle una cubierta al cable, es decir de protegerle. Para ello se le pone una cobertura de plástico al cable con mucho mayor grosor que el que ya dispone, en función del material, el color y las especificaciones del cliente. Además, esta fase es la encargada de enumerar los metros de cable y de grabar la leyenda que el cliente pide (fecha, nombre de la empresa, nombre del cliente...).

– **ETAPA 8: INSPECCIÓN** (Figura 26).

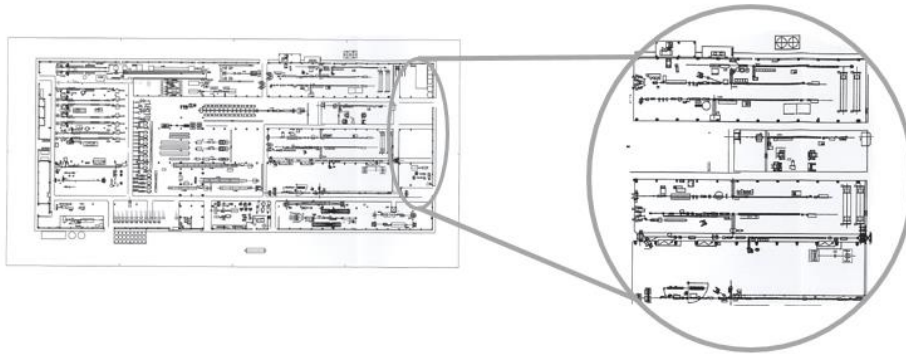


Figura 26. Inspección.

Finalmente se hacen pruebas al cable para verificar que la señal llega correctamente desde el principio hasta el final, así como para comprobar que este cumple con todos los requisitos que el cliente ha demandado en un primer momento. Es importante recalcar que esta es una inspección final, pero que después de cada etapa el cable sufre reiteradas revisiones, para detectar el defecto lo antes posible, en caso de que lo hubiera. Una vez verificado que cumple con todo lo deseado, se cierra el cable con una especie de “capucha hermética”, que le protege a la hora de almacenarlo evitando que pueda entrar agua, suciedad, humedad, bichos...

Las zonas rodeadas de negro, en la parte superior derecha e inferior izquierda de la Figura 16, son depósitos en los que se almacena el material protector que recubrirá el cable (PVC, polietileno, megolón).

Los estrechos rectángulos, uno al lado del otro, en el lateral izquierdo de la nave en la misma figura son las oficinas y el almacén de herramientas, respectivamente.

Es importante recalcar que el proceso del cable puede variar, y por tanto no todas las fases son esenciales. Dependiendo de las necesidades del cable, este puede necesitar una segunda fase de cubierta, puede que no haga falta ni cableado ni cuadreado, puede necesitar del armado o no... Todo ello, depende siempre, de la especificación técnica del cable, la función que este vaya a adoptar en su vida útil y las necesidades del cliente.



## 3. LEGISLACIÓN

### 3.1. LEY 31/1995 DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

La presente Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) (BOE, Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales., 1995) tiene como finalidad fomentar la seguridad y proteger la salud de los trabajadores, estableciendo como líneas generales:

- La prevención de los riesgos profesionales.
- La eliminación o disminución de los riesgos derivados del trabajo.
- La información, consulta, participación y formación de los trabajadores en materia preventiva.

El **artículo 14** de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales detalla que los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en lo que respecta a la seguridad y salud en el ámbito laboral. Es decir, existe una responsabilidad por parte de la empresa, quien está encargada de asegurar la salud de sus empleados frente a los riesgos derivados de la actividad laboral. El modelo de seguimiento en la prevención de riesgos laborales se representa en la Figura 27.



Figura 27. Derechos de los trabajadores en materia de prevención de riesgos laborales.

El **artículo 16** de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales estipula que la gestión para la prevención de riesgos laborales debe estar integrada dentro del sistema global de administración de la empresa. Esto se llevará a cabo mediante la implementación y aplicación de un plan específico de prevención de riesgos laborales en el que se deben contemplar, entre otros:

- Los nombramientos de individuos con cargos relacionados con la gestión de la prevención de riesgos laborales.
- Las prácticas, procedimientos y procesos de las actividades preventivas.
- Los recursos necesarios para realizar dicha acción.
- La articulación de los mecanismos de participación y consulta.

Por otro lado, se deberá realizar una evaluación inicial de riesgos por parte del empresario para la salud y seguridad de los trabajadores, teniendo en cuenta:



- La naturaleza de la actividad.
- Las cualidades de los trabajadores y sus respectivos puestos de trabajo.
- La valoración de los riesgos potenciales en los puestos de trabajo en personas en situación de riesgos.
- Una elección adecuada en los equipos de trabajo a utilizar (ordenadores, carretilla, herramientas, sillas...).
- Acondicionamiento de los lugares de trabajo, el espacio y la distribución.
- Las actividades especialmente peligrosas.

La evaluación de riesgos laborales deberá ser actualizada siempre que se produzcan cambios en las condiciones del puesto de trabajo, tales como la incorporación de un nuevo trabajador, la adquisición de nuevos equipos o incluso la introducción de alguna sustancia química. De la misma forma, a raíz de daños en la salud de los trabajadores será necesaria la revisión y evaluación del puesto con el fin de identificar las causas del suceso y la implementación de las medidas correctivas.

Si los trabajadores están expuestos a un riesgo grave e inminente derivado de su puesto de trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar a los trabajadores.
- Implementar las acciones necesarias para la evacuación del lugar en caso necesario.

Si el trabajador se ve en un riesgo tiene derecho a interrumpir y abandonar el lugar de trabajo en los siguientes casos:

- Cuando el empleado considere que dicha actividad entraña un riesgo grave e inminente para su vida o su salud.
- Si es acordado por la mayoría de los miembros representantes legales de los trabajadores.

Si este paro en la actividad es comunicado con una antelación de 24 horas no podrá sufrir penalizaciones por ello.

La LPRL, en su **artículo 40**, atribuye a la Inspección de Trabajo, “la función de vigilancia y control de la normativa de prevención de riesgos laborales”.

En cualquier momento tanto los trabajadores como sus representantes podrán recurrir a la inspección de trabajo y seguridad social si consideran que las medidas adoptadas y los medios utilizados no garantizan su seguridad y salud en sus puestos de trabajo. El inspector solicitará la presencia de los Delegados de prevención en las visitas a los centros, así como la comunicación de los resultados y las medidas adoptadas en las mismas. Si el inspector de trabajo considera que se incumple la normativa, este tiene la autoridad para decretar la detención inmediata de las tareas que puedan suponer un riesgo y además, formulará una propuesta de requerimiento en relación con las irregularidades detectadas, las medidas y el plazo para su correspondiente ejecución.

Si tras la visita, y una vez superado el plazo persisten dichas irregularidades, se procederá con la correspondiente acta de infracción.



### 3.2. R.D. 286/2006, DE 10 DE MARZO, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN AL RUIDO.

El objetivo de este Real Decreto es proteger a los trabajadores frente a los riesgos derivados o que pueden derivar de la exposición a un ruido generado por las actividades laborales.

Para ello, el RD 286/2006 (BOE, Real Decreto 286/2006, 2006), parte de los principios generales de prevención establecidos en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos laborales (*Ley 31/1995*), y propone las siguientes disposiciones:

- Antes de aplicar cualquier medida de seguridad en los trabajadores, se deben emplear otros métodos de trabajo que reduzca la necesidad de la exposición al ruido.
- Se debe sustituir o modificar la maquinaria por una menos ruidosa.
- Será necesario estudiar la disposición de los lugares y puestos de trabajo de cara a una menor exposición.
- Se deberá impartir la formación adecuada de acuerdo a los uso de los EPIs y de una buena concienciación.

Es necesario llevar a cabo una investigación de cara a reducir el ruido aéreo (pantallas, cerramientos, recubrimientos con material absorbente...) y el ruido propagado por cuerpos sólidos (amortiguamiento de las vibraciones que potencian las emisiones del ruido). Para ello es esencial tomar medidas tales como:

- Limitación en la medida de lo posible de la duración e intensidad de la exposición.
- Mantenimiento de los equipos y de la maquinaria.
- Exposición del menor número de personas posibles al ruido.

Asimismo, siempre que haya cambios en las condiciones de trabajo la evaluación de riesgos deberá actualizarse de acuerdo al artículo 5 del RD 286/2006.

Los planes de acción de acuerdo al nivel de ruido de exposición se resumen en las figuras 28 y 29.

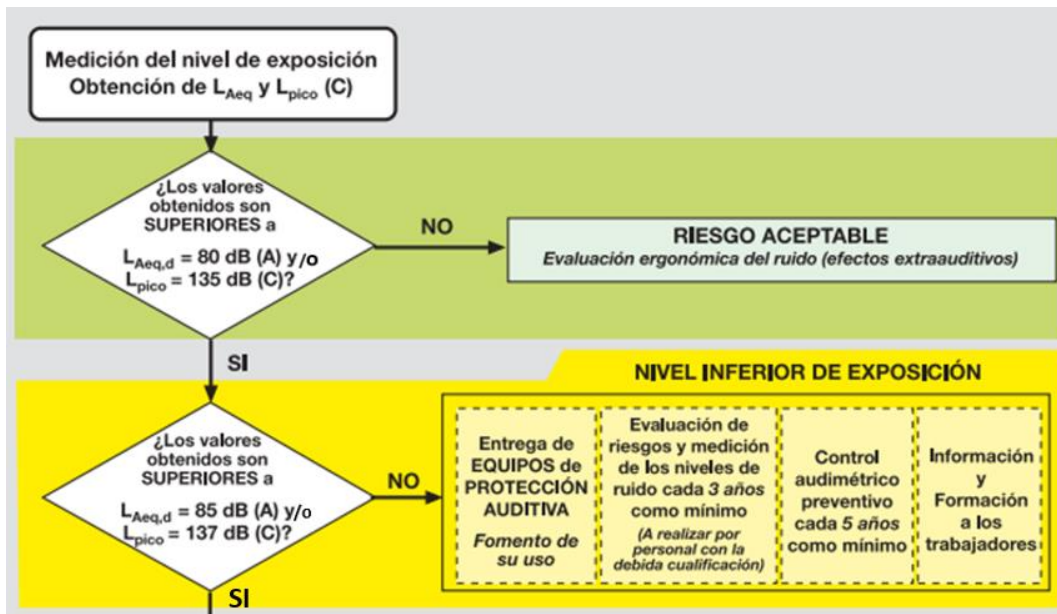


Figura 28. Aplicación del Real Decreto 286/2006 (1/2) (INSST).

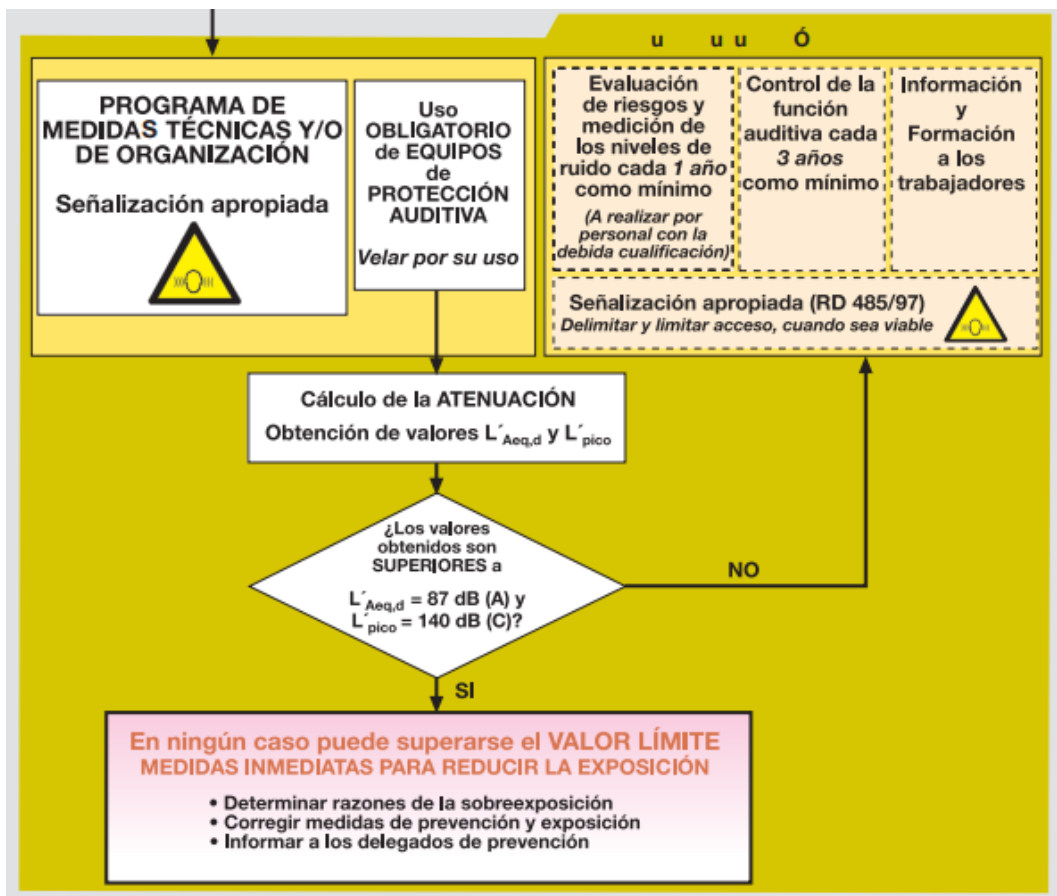


Figura 29. Aplicación del Real Decreto 286/2006 (2/2) (INSST).



Según el **artículo 12** hay situaciones excepcionales (no poder escuchar una señal de peligro) que permiten excluir al trabajador del uso de protectores auditivos. Sí que es cierto que antes de llevar a cabo esta medida es necesario que el empresario haya agotado todas las alternativas preventivas posibles. Además, todos los trabajadores deben ser consultados previamente y las medidas adoptadas deben ser razonadas y justificadas por el empresario en la evaluación de riesgos, además de comunicadas a las autoridades.

Cabe destacar que al igual que una exposición a niveles de ruido demasiados altos resultan perjudicial, una atenuación excesiva del sonido puede generar sensación de aislamiento e incomodidad. La norma UNE 458:2005 recomienda elegir el equipo de protección de forma que el nivel de presión sonora percibido por el trabajador se encuentre entre los 65 y los 80 dB(A).



---

## 4. METODOLOGÍA

---

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

En un entorno cada vez más competitivo, la mejora continua en la gestión de proyectos se ha convertido en un factor clave a la hora de buscar el éxito y tomar decisiones. En este contexto, la metodología popularizada por Edward Deming, basada en el ciclo “Planificar, hacer, verificar, actuar (PDCA)”, se presenta como una herramienta eficaz para optimizar procesos (Q. Du).

Para conseguir los objetivos propuestos se va a adaptar la metodología antes citada, siguiendo los pasos que se muestran en la Figura 30. Se analizarán los puntos de la fábrica expuestos a mayores niveles de ruido y en ellos se medirá el nivel de presión sonora. Posteriormente, se diseñará una encuesta y se difundirá a los trabajadores con el fin de conocer su opinión respecto al nivel de ruido en su entorno de trabajo. Finalmente, se llevará a cabo un análisis de las mediciones y se estudiarán posibles diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de las variables consideradas, con ayuda de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

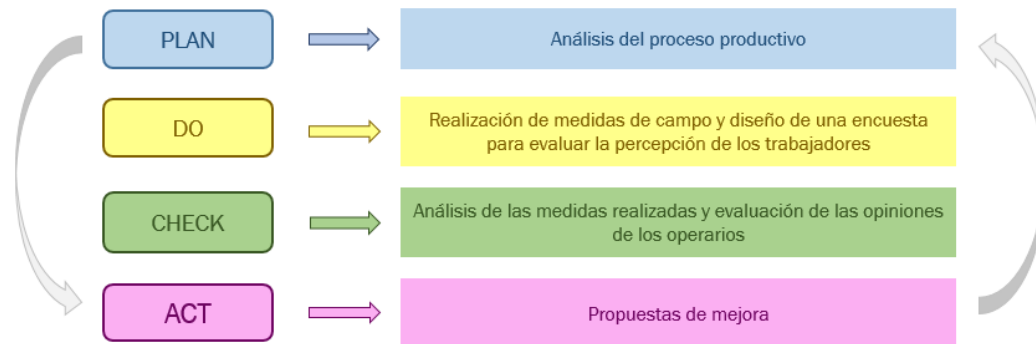


Figura 30. Metodología de seguimiento a lo largo del TFG.

**PLAN:** Para un primer análisis de la situación actual lo más completo posible, se ha estudiado la empresa a fondo, su historia, las instalaciones junto a la distribución de la planta, su proceso de fabricación, la oferta de productos...

**DO:** Una vez que ya se poseen los conocimientos necesarios sobre la empresa se han llevado a cabo las mediciones en la planta de fabricación con el fin de conocer los valores objetivos a los que se ven expuestos los trabajadores durante su jornada laboral. Por otro lado, se ha diseñado una encuesta que posteriormente se ha difundido a los operarios con el objetivo de conocer la percepción que ellos mismos tienen sobre los niveles de ruido a los que se exponen.

**CHECK:** En esta etapa se lleva a cabo un análisis tanto de las medidas tomadas como de los resultados recogidos en las encuestas, de forma individual y comparativa.

**ACT:** Se llevan a cabo las conclusiones oportunas y se proponen planes de acción con la intención de lograr las mejores condiciones laborales posibles en lo respectivo al ruido.



En este trabajo únicamente se ha llevado a cabo un ciclo completo, sin embargo, cabe destacar la importancia de que este proceso se lleve a cabo de forma cíclica. Una vez implantadas las acciones correctivas sería necesario estudiar el impacto de las mismas, y en caso de no haberse obtenido los resultados deseados, comenzar de nuevo cada una de las etapas.

#### 4.2. ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE LA FÁBRICA CON MAYORES NIVELES DE RUIDO Y PLANIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS ACÚSTICAS

Para unas mediciones de acuerdo a la ley, se tuvieron en cuenta ciertos criterios que define el Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido (BOE, Real Decreto 286/2006, 2006).

- *“Las mediciones deberán realizarse, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono a la altura donde se encontraría su oído. Si la presencia del trabajador es necesaria, el micrófono se colocará, preferentemente, frente a su oído, a unos 10 centímetros de distancia; cuando el micrófono tenga que situarse muy cerca del cuerpo deberán efectuarse los ajustes adecuados para que el resultado de la medición sea equivalente al que se obtendría si se realizara en un campo sonoro no perturbado.”.*

En esta empresa durante la medición era posible la ausencia del trabajador en ciertos momentos a lo largo de su jornada. Por ello, las mediciones se tomaron sin ningún cuerpo que perturbara el campo sonoro, y a la altura a la que se encontraría el oído del trabajador en caso de que estuviera presente.

- *“Número y duración de las mediciones: El número, la duración y el momento de realización de las mediciones tendrán que elegirse teniendo en cuenta que el objetivo básico de éstas es el de posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que deberá emprenderse en virtud de lo dispuesto en el presente real decreto. Por ello, cuando uno de los límites o niveles establecidos en el mismo se sitúe dentro del intervalo de incertidumbre del resultado de la medición podrá optarse: a) por suponer que se supera dicho límite o nivel, o b) por incrementar (según el instrumento utilizado) el número de las mediciones (Tratando estadísticamente los correspondientes resultados) y/o su duración (llegando, en el límite, a que el tiempo de medición coincida con el de exposición), hasta conseguir la necesaria reducción del intervalo de incertidumbre correspondiente. En el caso de la comparación con los valores límites de exposición, dicho intervalo de incertidumbre deberá estimarse teniendo en cuenta la incertidumbre asociada a la atenuación de los protectores auditivos.”.*

Se han estudiado los niveles de ruido en 5 puntos dentro de la nave, y es que, a pesar de percibir ciertas variaciones en función del puesto de trabajo, estos 5 puntos podrían ser suficientes para crear una representación objetiva de la situación en la planta ya que los niveles a simple vista parecen bastante similares. En cada una de estas



situaciones se realizaron 3 mediciones con cierto intervalo de tiempo entre ellas, ante la posibilidad de alguna circunstancia excepcional que pudiera perturbar los resultados.

- *“Entre los métodos de evaluación y medición utilizados podrá incluirse un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición personal de los trabajadores. La forma de realización de las mediciones, así como su número y duración se efectuará conformes a lo dispuesto en el Anexo II. Para la medición se utilizarán los instrumentos indicados en el Anexo III, los cuales deberán ser comprobados mediante un calibrador acústico antes y después de cada medición o serie de mediciones.”* (BOE, Real Decreto 286/2006, 2006).

En la planta de producción se encuentran trabajadores en horario continuo, distribuidos en 3 turnos laborales, de 06:00h a 14:00h de 14:00h a 22:00h y de 22:00h a 06:00h. Durante la jornada de mañana y de tarde en la empresa hay un nivel de ruido parecido, y es que el número de trabajadores y de máquinas en funcionamiento es similar. Es por ello que el estudio se ha llevado a cabo durante la jornada laboral de mañana. En cambio, durante algunas noches se activa la trefiladora que, como se ha comentado anteriormente, debido a sus altos nivel de ruido se encuentra aislada, tal y como se puede apreciar en la Figura 31.



*Figura 31. Trefiladora aislada.*


No se ha podido comprobar la versión de los trabajadores realizando mediciones durante la jornada de noche. En ese horario solo permanece el personal mínimo imprescindible en la fábrica, incluyendo supervisores, lo que no ha permitido llevar a cabo las mediciones por motivos de seguridad.

Por otro lado, antes y después de cada medición se ha calibrado correctamente el sonómetro para asegurarse de que éste se encontraba en las condiciones óptimas para medir. Para ello, se ha

acoplado al micrófono el calibrador modelo 4294 de Brüel & Kjaer (Figura 14), que emite un sonido constante de 94dB, asegurando las condiciones del sonómetro.

Para llevar a cabo el estudio en la gestión del puesto de trabajo se ha acudido a la empresa con un sonómetro integrador marca “Brüel & Kjaer” modelo 2260 de precisión 1 (Tabla 2).

Tabla 2. Características del sonómetro empleado para las mediciones.

Marca	Brüel y Kjaer	
Modelo	2260	
Clase 1	Según UNE-EN 60651:1996 y UNE-EN 60651/A1:1997	
Tipo 1	Según UNE-EN 60804:1996 y UNE-EN 60804/A2:1997	

El sonómetro permite medir:

- **Leq** → Nivel sonoro continuo equivalente.
- **SPL** → Nivel de presión sonora máxima en el último segundo.
- **Inst** → Nivel sonoro instantáneo aleatorio en el último segundo.
- **MaxL** → Nivel de presión sonora SPL máximo en el tiempo de medida.
- **MinL** → Nivel de presión sonora SPL mínimo en el tiempo de medida.

Por otro lado, las condiciones de configuración del sonómetro a la hora de las mediciones se muestran esquematizadas en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros de medida del sonómetro.

Rango	20.8 - 100.8 dB
Ancho de banda	1/3 bandas de octava
Picos	120 dB
Ponderación temporal	
Est. Globales	Rápido
Espectros	Rápido
Ponderación frecuencial	
Medidas globales	A&L
Est. Globales	L
Espectros	A

El rango de frecuencia empleado en la medición permite captar valores entre los 20,8 dB y los 200,8dB, lo que representa el nivel de sonido máximo y mínimo que va a ser captado por el equipo de medida. Además, las medidas se realizaron con constantes de tiempo “fast” (125 ms), el factor de ponderación “A” para el nivel de ruido en el puesto de trabajo y ponderación

“C” para los valores de pico, en las condiciones meteorológicas mostradas en la Tabla 4.

Tabla 4. Condiciones meteorológicas de la fábrica en el momento de las mediciones.

22/04/2024	Parámetros	Unidades
Temperatura	15,5	°C
Humedad relativa	68	%
Velocidad del viento	0	Km/h
Presión atmosférica	1004	mb

Es realmente importante elegir con criterio los puntos de la fábrica en los que se quiere medir. Para ello, antes de realizar las mediciones es necesario conocer las instalaciones y el proceso del cable a la perfección. Se ha necesitado de una visita previa al día de la realización de las medidas para conocer las instalaciones, los requerimientos de las medidas y establecer los puntos del análisis.

Se han estudiado los niveles en los 5 puntos de la fábrica que se creía que mejor podrían representar los niveles a los que se sometían los trabajadores durante su jornada laboral (Figura 32). Para ello, se colocó el sonómetro en posiciones cotidianas de sus puestos de trabajo a la altura en la que se encontrarían sus oídos en caso de que estuvieran presentes, para así recoger los sonidos que estos perciben de la forma más representativa posible. Además, sin estar ellos presentes evitando así posibles interferencias de las ondas con los cuerpos.

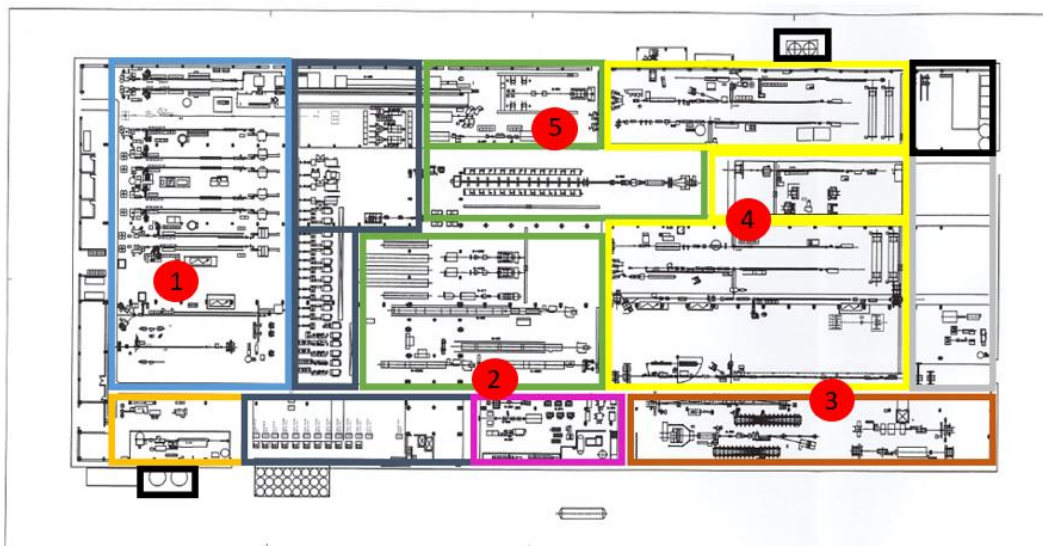


Figura 32. Posición de los cinco puntos de medición en la fábrica.

Una vez definidos todos los criterios se procedió a la recogida de datos.



### 4.3. DISEÑO DE LA ENCUESTA

Se ha diseñado y elaborado una encuesta con el fin de estudiar la percepción que tienen los trabajadores del nivel de ruido en la empresa. Es fundamental conocer la opinión de las personas afectadas para poder determinar cómo afecta el ruido en sus tareas cotidianas, aún incluso, si la consecuencia es una simple molestia.

Para ello se ha desarrollado un cuestionario basándose en el documento “ruido: evaluación y acondicionamiento ergonómico”, publicado por el ministerio de trabajo y economía social, junto con el instituto nacional de seguridad y salud en el trabajo (INSST i. n., 2021). El objetivo es conseguir que el mayor número de trabajadores posibles lo complete y así obtener una representación de la muestra lo más objetiva posible.

La estructura de la encuesta se ha diseñado en función de 4 bloques principales, cada uno de ellos con una finalidad concreta.

Por un lado, se ha caracterizado la muestra a través de preguntas sobre el perfil de cada trabajador encuestado, como la edad, el género, los años que lleva trabajando en las instalaciones, la frecuencia con la que fomenta lugares con altos niveles de ruido, si escucha música a volumen alto o no, si ha notado una pérdida de audición con los años, y por último, si ha trabajado en otras empresas previo a esta.

Por otro lado, se ha estudiado el proceso de trabajo a través de la percepción de los operarios. Se han realizado preguntas sobre la maquinaria en los puestos de trabajo, se ha preguntado por el puesto que ocupan en la fábrica, si es un trabajo que requiere de un alto nivel de concentración o no, y por último, si el ruido principal al que se exponen proviene de actividades externas, o por el contrario, de su propia actividad. En el bloque del proceso también se han llevado a cabo una pregunta para conocer más sobre las condiciones laborales de la empresa, como por ejemplo, si esta suministra tapones auditivos.

Como tercer bloque se incluyen todas aquellas preguntas cuya finalidad es conocer exclusivamente la percepción del encuestado. Aquí se han incluido seis preguntas dicotómicas, con posibilidad de elegir entre sí o no, de forma que la encuesta sea fácil de resolver. En ellas se pregunta si se considera que los niveles de ruido en la empresa son altos, si estos niveles dificultan la concentración en el puesto, si el ruido al que se exponen es molesto, o si hay zonas más ruidosas que otras, y en caso afirmativo, que se detalle qué zonas.

Por último, se ha querido caracterizar de forma subjetiva el tipo de ruido. Para ello se ha preguntado si los niveles de ruido impiden escuchar las voces del resto de trabajadores, si el ruido es constante, continuo, o en su defecto, si son en su mayoría ruidos de impacto.



Una vez estructurado en torno a los cuatro bloques principales se ha añadido un bloque adicional que incorpora preguntas de control a lo largo de la encuesta, con ellas se pretende verificar la coherencia en las respuestas y se busca identificar posibles incoherencias, asegurando la fiabilidad de los datos obtenidos.

La pregunta “Si has trabajado en otras empresas, ¿cómo comparas los niveles de ruido en tu puesto actual con los de tus empleos anteriores?” se ha incorporado como un mecanismo de control dado que previamente se pregunta si el encuestado ha trabajado en otras empresas.

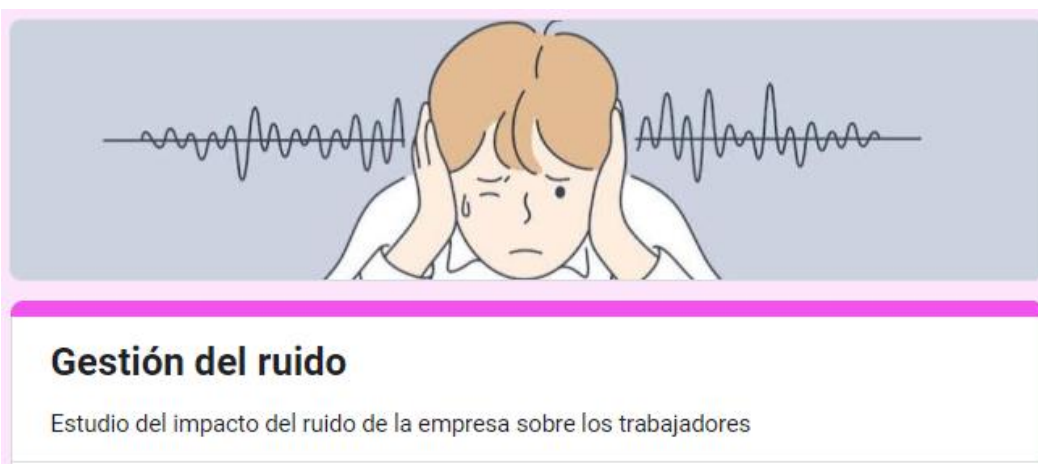
Además, en relación con la pregunta “¿utilizas los tapones auditivos que están a disposición de los empleados?”, se cuestiona si el encuestado cree que la empresa debería hacer algo para reducir los niveles de ruido. Es una forma de verificar la concordancia de las respuestas ya que si un trabajador pide nuevas acciones, pero no lleva a cabo las ya aplicadas, de poco sirve.

Como última pregunta de control se incluye “¿Existen habitualmente ruidos de impacto?”, y es que la respuesta a esta tiene relación con “¿Podrías considerar que el nivel de ruido en tu puesto de trabajo es constante y continuo en el tiempo?”, un ruido no puede ser a la vez constante y de impacto.

Finalmente, y para concluir la encuesta se agradece la participación al trabajador.

El diseño y creación de la encuesta se ha llevado a cabo gracias al software “Microsoft Forms” de Microsoft 365. A continuación, se incluye el enlace de acceso a la encuesta junto con fotos de la misma.

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScQRwjQAQM2SaUooyycXy1z6I\\_QXxmlRaR4jibPsq9wymCcfA/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScQRwjQAQM2SaUooyycXy1z6I_QXxmlRaR4jibPsq9wymCcfA/viewform)





¿En qué rango de edad te encuentras? \*

- Menos de 30
- Entre 30 y 45
- Entre 45 y 55
- Más de 55

¿Con qué género te identificas? \*

- Hombre
- Mujer

¿Qué puesto ocupas en el trabajo? \*

- Operario de máquinas
- Mantenimiento
- Actividades indirectas
- Conductor de carretillas
- Prevención de riesgos
- Directivo de taller
- Otro: \_\_\_\_\_



¿Cuántos años llevas trabajando en estas instalaciones?

- Menos de 2
- Entre 2 y 10
- Entre 10 y 20
- Más de 20

¿Con qué frecuencia fomentas lugares con niveles de ruido altos como pueden ser bares, discobares, pubs,...? \*

- |      |                       |                       |                       |                       |                       |       |
|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
|      | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |       |
| Nada | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Mucho |

¿Escuchas música a volumen alto con auriculares? \*

- Nada
- Menos de 1 hora al día
- Entre 1 y 2 horas al día
- Entre 2 y 3 horas al día
- Más de 3 horas al día

¿Antes de entrar a esta empresa has trabajado en otras empresas? \*

- Si
- No



Si has trabajado en otras empresas, ¿Los niveles de ruido en tu puesto de trabajo actual son respecto al de las otras empresas?

	1	2	3	4	5	
Muy bajos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy altos

¿Has notado una pérdida de audición con los años? \*

- Si
- No

¿Consideras que los niveles de ruido en tu puesto de trabajo son altos? \*

	1	2	3	4	5	
Muy bajos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy altos

¿Te cuesta comunicarte con otras personas en tu puesto de trabajo y/o tienes que elevar la voz para entenderte? \*

- Si
- No



¿Consideras que el ruido existente dificulta tu concentración o te distrae a la hora \*  
de llevar a cabo tus tareas?

- Si  
 No

¿Te molesta el nivel de ruido en la fábrica? \*

- Si  
 No

El trabajo que desarrollas ¿Implica altos niveles de atención o tareas de alta \*  
complejidad?

- Si  
 No

En tu empresa, ¿Hay tapones auditivos a disposición de los empleados? \*

- Si  
 No

¿Utilizas los tapones auditivos que están a disposición de los empleados? \*

- Si  
 No



¿Crees que se debería hacer algo en la empresa para reducir el nivel de ruido? \*

- Si
- No

¿Has notado unas zonas más ruidosas que otras? \*

- Si
- No

Si tu respuesta anterior ha sido afirmativa, ¿Cuales?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Los niveles de ruido en tu puesto de trabajo impiden escuchar señales acústicas \* relevantes o entender mensajes (ya sean de otros empleados, megafonía...)?

- Si
- No

¿Podrías considerar que el nivel de ruido en tu puesto de trabajo es constante y \* continuo en el tiempo?

- Si
- No



¿Existen habitualmente ruidos de impacto? \*

- Sí  
 No

El ruido que principalmente te afecta en tu puesto de trabajo, ¿Proviene de la propia actividad que realizas? \*

- Sí  
 No

Ordena de menor a mayor el ruido que se origina en tu puesto de trabajo producido por (cada número solo se puede asignar una vez):

	La maquinaria en tu puesto de trabajo	Carretillas	Conversaciones de las personas	Maquinaria externa a tu puesto de trabajo
1. Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Bajo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Alto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Muy alto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¡¡¡Muchas gracias por dedicar su tiempo a completar la encuesta!!!  
Por favor, no olvide **enviar la respuesta** pinchando en "Enviar"

Enviar

Página 1 de 1

Borrar formulario

Figura 33. Encuesta a los trabajadores.



Para garantizar la difusión efectiva de la encuesta, se le proporcionó al jefe de taller el enlace correspondiente. Él mismo fue el encargado de compartir dicho enlace con los empleados a través del correo electrónico corporativo y exponiendo el QR en el tablón de noticias. Se configuró la encuesta como anónima de cara a la privacidad de los encuestados, sin embargo, se estableció como pública haciendo posible que cualquier dirección de correo electrónico pudiese acceder al enlace. Además, fue el propio jefe de taller el que se encargó de informar a los trabajadores de forma detallada sobre el propósito y la importancia de la encuesta, destacando cómo sus respuestas contribuirían a la posible mejora de las condiciones laborales y al desarrollo de acciones correctivas en beneficio del equipo, en caso de que fuesen necesarias. De esta manera se ha buscado fomentar la máxima participación.

Para analizar la relación entre los datos y determinar si existe una relación significativa entre ellos, se ha empleado el contraste de hipótesis de Kruskal-Wallis. Esta prueba permite determinar si existen diferencias entre los grupos con un tamaño muestral pequeño. Al tratarse de una prueba no paramétrica no asume que los datos provengan de una distribución determinada, indicando únicamente si existen diferencias entre los grupos.





---

## 5. RESULTADOS

---



### 5.1. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES ACÚSTICAS

El pasado 22 de abril se llevaron a cabo las mediciones para conocer los niveles de ruido dentro de la fábrica. Tal y como se ha mencionado anteriormente, en cada punto de medida se han llevado a cabo tres mediciones con un pequeño intervalo de tiempo entre ellas, para evitar así posibles interferencias con ciertos ruidos de impacto. Los valores de las tres medidas por punto son muy similares, por ello, se ha calculado la media de los valores como resultado del nivel de ruido en cada punto.

Los decibelios (dB) son una medida logarítmica al representar una relación entre dos magnitudes, ya sea potencia, intensidad o presión. Se utiliza esta escala ya que las magnitudes varían en rangos muy amplios, y para los que una escala lineal no sería práctica.

Para poder realizar la media de las tres mediciones, previamente se ha realizado el antilogaritmo, siguiendo la Ecuación 1. Una vez los valores están en una escala lineal se calcula la media por punto, y finalmente, se vuelve a las unidades originales (dB) con ayuda de la Ecuación 2.

$$p = p_0 \cdot 10^{\frac{L_p}{10}} \text{ (Ecuación 2)}$$

Cabe destacar que para la realización del cálculo se ha tenido en cuenta como valor de referencia la presión en el aire, que es  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa. Además, junto con el valor medio en cada punto de medición se han calculado las desviaciones típicas, de forma muestral, para cada uno de ellos. Este indicador nos muestra cuánto se alejan los valores respecto a su media, y por tanto, la precisión de las medidas.

A continuación, se muestran los resultados junto con el espectro del nivel de ruido para cada punto de medición.

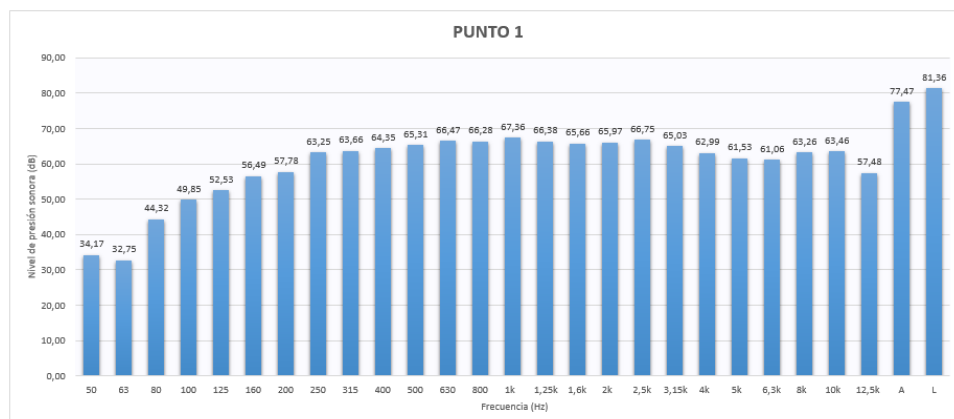


- **PUNTO 1:** Resultado de las mediciones del nivel de ruido en el puesto de trabajado del operario que se encarga de verificar el funcionamiento de las máquinas aisladoras (Figuras 34 y 35).

<p>Brüel &amp; Kjær Analizador Modular 2260 Prog. de Análisis Sonoro Básico BZ7210</p> <p>Fichero punto 1</p> <hr/> <p>Configuración: Rango 20,8 / 100,8 dB Incidencia Sonora Frontal</p> <p>Espectro en 1/3octava: mar-24 Tiempo Transcurrido 0:00:57 Número de Pausas 0 Saturación 0 Subgama 0</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">LAeq</th> </tr> <tr> <th>Hz</th> <th>dB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>34,17</td></tr> <tr><td>63</td><td>32,75</td></tr> <tr><td>80</td><td>44,32</td></tr> <tr><td>100</td><td>49,85</td></tr> <tr><td>125</td><td>52,53</td></tr> <tr><td>160</td><td>56,49</td></tr> <tr><td>200</td><td>57,78</td></tr> <tr><td>250</td><td>63,25</td></tr> <tr><td>315</td><td>63,66</td></tr> <tr><td>400</td><td>64,35</td></tr> <tr><td>500</td><td>65,31</td></tr> <tr><td>630</td><td>66,47</td></tr> <tr><td>800</td><td>66,28</td></tr> <tr><td>1k</td><td>67,36</td></tr> <tr><td>1,25k</td><td>66,38</td></tr> <tr><td>1,6k</td><td>65,66</td></tr> <tr><td>2k</td><td>65,97</td></tr> <tr><td>2,5k</td><td>66,75</td></tr> <tr><td>3,15k</td><td>65,03</td></tr> <tr><td>4k</td><td>62,99</td></tr> <tr><td>5k</td><td>61,53</td></tr> <tr><td>6,3k</td><td>61,06</td></tr> <tr><td>8k</td><td>63,26</td></tr> <tr><td>10k</td><td>63,46</td></tr> <tr><td>12,5k</td><td>57,48</td></tr> <tr><td>A</td><td>77,47</td></tr> <tr><td>L</td><td>81,36</td></tr> </tbody> </table>	LAeq		Hz	dB	50	34,17	63	32,75	80	44,32	100	49,85	125	52,53	160	56,49	200	57,78	250	63,25	315	63,66	400	64,35	500	65,31	630	66,47	800	66,28	1k	67,36	1,25k	66,38	1,6k	65,66	2k	65,97	2,5k	66,75	3,15k	65,03	4k	62,99	5k	61,53	6,3k	61,06	8k	63,26	10k	63,46	12,5k	57,48	A	77,47	L	81,36
LAeq																																																											
Hz	dB																																																										
50	34,17																																																										
63	32,75																																																										
80	44,32																																																										
100	49,85																																																										
125	52,53																																																										
160	56,49																																																										
200	57,78																																																										
250	63,25																																																										
315	63,66																																																										
400	64,35																																																										
500	65,31																																																										
630	66,47																																																										
800	66,28																																																										
1k	67,36																																																										
1,25k	66,38																																																										
1,6k	65,66																																																										
2k	65,97																																																										
2,5k	66,75																																																										
3,15k	65,03																																																										
4k	62,99																																																										
5k	61,53																																																										
6,3k	61,06																																																										
8k	63,26																																																										
10k	63,46																																																										
12,5k	57,48																																																										
A	77,47																																																										
L	81,36																																																										

Pond, Frecuencial:	A		L	
	$\bar{X}$ (dB)	$\sigma$ (dB)	$\bar{X}$ (dB)	$\sigma$ (dB)
Lpk(PMáx)	94,8	2,5	97,0	0,8
Leq	77,5	0,7	81,4	0,6
LEP,d(5:27)	75,8	0,7		
LE(SEL)	95,1	1,2		
Llm	78,2	1,1	82,3	0,4

*Figura 34. Mediciones del nivel de ruido en el punto 1 (Aisladoras).*



*Figura 35. Espectro del nivel de ruido en el punto 1 (Aisladoras).*



- **PUNTO 2:** Resultado de las mediciones del nivel de ruido en el puesto de trabajo del encargado de verificar el funcionamiento de las máquinas de trenzado (Figuras 36 y 37).

Brüel & Kjær		L <sub>Aeq</sub>	
Analizador Modular 2260		Hz	dB
Prog. de Análisis Sonoro Básico BZ7210		50	24,96
Fichero punto 2		63	26,94
Configuración:		80	32,25
Rango	20,8 / 100,8 dB	100	39,97
Incidencia Sonora	Frontal	125	42,13
Espectro en 1/3/octava:		160	46,30
mar-24		200	49,91
Tiempo Transcurrido	0:00:53	250	51,47
Número de Pausas	0	315	56,71
Saturación	0	400	58,54
Subgama	0	500	60,40
		630	58,79
		800	61,17
		1k	59,20
		1,25k	60,44
		1,6k	60,18
		2k	60,67
		2,5k	60,52
		3,15k	60,12
		4k	59,74
		5k	59,21
		6,3k	58,42
		8k	55,67
		10k	51,90
		12,5k	48,21
		A	71,48
		L	74,05

Pond, Frecuencial:	A		L	
	$\bar{X}$ (dB)	$\sigma$ (dB)	$\bar{X}$ (dB)	$\sigma$ (dB)
Lpk(PMáx)	96,6	5,4	97,5	4,4
Leq	71,5	0,8	74,1	0,5
LEP,d(5:27)	69,8	0,8		
LE(SEL)	88,6	1,0		
Llm	75,0	2,3	76,4	1,6

Figura 36. Mediciones del nivel de ruido en el punto 2 (Trenzado).

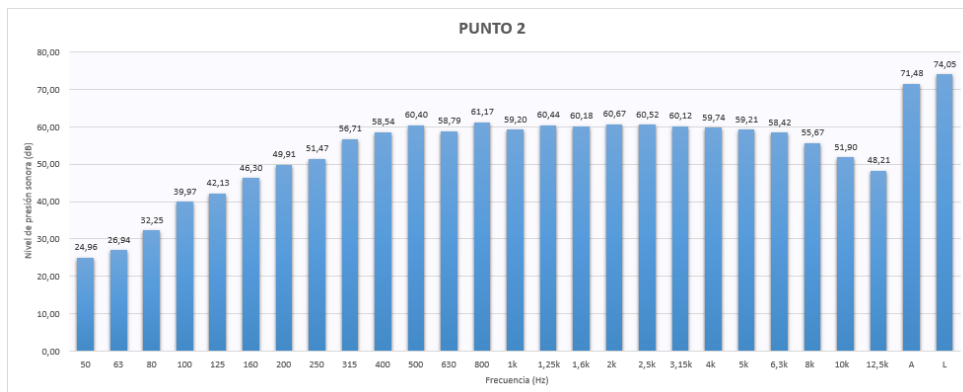


Figura 37. Espectro del nivel de ruido en el punto 2 (Trenzado).



- **PUNTO 3:** Resultado de las mediciones del nivel de ruido en el puesto de trabajo del encargado de controlar la maquinaria en el proceso del armado (Figuras 38 y 39).

Brüel & Kjær		L <sub>Aeq</sub>	
Analizador Modular 2260		Hz	dB
Prog. de Análisis Sonoro Básico BZ7210		50	30,64
Fichero punto 3		63	34,37
Configuración:		80	41,71
Rango	20,8 / 100,8 dB	100	49,17
Incidencia Sonora	Frontal	125	50,47
Espectro en 1/3/octava:		160	56,43
mar-24		200	62,20
Tiempo Transcurrido	0:01:06	250	57,98
Número de Pausas	0	315	66,16
Saturación	0	400	62,67
Subgama	0	500	67,24
		630	67,95
		800	68,68
		1k	66,67
		1,25k	67,53
		1,6k	67,67
		2k	66,60
		2,5k	66,07
		3,15k	65,17
		4k	62,41
		5k	60,83
		6,3k	59,33
		8k	56,43
		10k	53,21
		12,5k	48,68
		A	77,83
		L	81,27

Pond, Frecuencial:	A		L	
	$\bar{X}$ (dB)	$\sigma$ (dB)	$\bar{X}$ (dB)	$\sigma$ (dB)
Lpk(PMáx)	95,3	1,6	97,6	2,2
Leq	77,8	0,1	81,3	0,2
LEP,d(5:27)	76,2	0,1		
LE(SEL)	96,0	1,0		
Llim	78,8	0,2	82,2	0,2

Figura 38. Mediciones del nivel de ruido en el punto 3 (Armado).

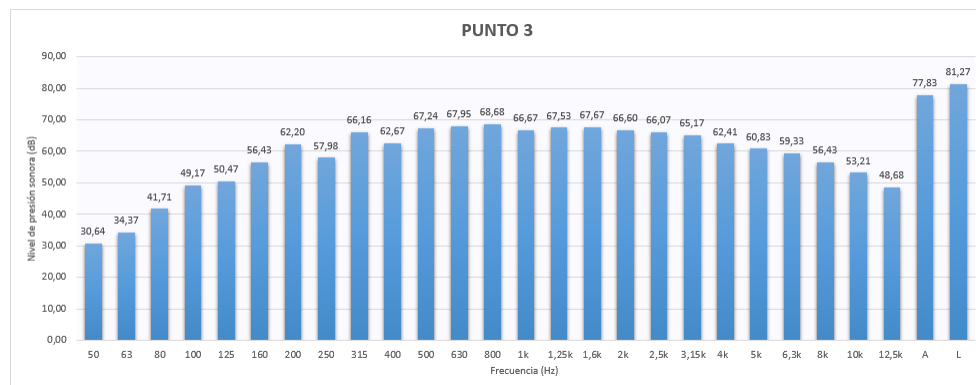


Figura 39. Espectro del nivel de ruido en el punto 3 (Armado).



- **PUNTO 4:** Resultado de las mediciones del nivel de ruido en el puesto de trabajo del operario encargado de verificar el proceso de las cubiertas. Aunque la zona de cubiertas es muy amplia, se ha considerado suficiente realizar una única medición en el punto más desfavorable (Figuras 40 y 41).

Brüel & Kjær		L <sub>Aeq</sub>	
Analizador Modular 2260		Hz	dB
Prog. de Análisis Sonoro Básico BZ7210		50	30,05
Fichero punto 4		63	38,29
Configuración:		80	40,76
Rango	20,8 / 100,8 dB	100	47,67
Incidencia Sonora	Frontal	125	55,11
Espectro en 1/3/octava:		160	56,58
mar-24		200	58,00
Tiempo Transcurrido	0:00:46	250	57,40
Número de Pausas	0	315	66,61
Saturación	0	400	64,48
Subgama	0	500	67,32
		630	69,04
		800	69,96
		1k	70,71
		1,25k	70,67
		1,6k	72,34
		2k	72,84
		2,5k	74,74
		3,15k	73,90
		4k	69,27
		5k	69,54
		6,3k	66,20
		8k	65,42
		10k	56,95
		12,5k	52,18
		A	82,35
		L	83,61

Pond, Frecuencial:	A		L	
	$\bar{X}$ (dB)	$\sigma$ (dB)	$\bar{X}$ (dB)	$\sigma$ (dB)
L <sub>pk</sub> (PMáx)	100,1	3,5	99,9	1,9
Leq	82,3	0,4	83,6	0,4
LEP,d(5:27)	80,7	0,4		
LE(SEL)	99,0	0,9		
L <sub>lm</sub>	83,0	0,8	84,5	0,8

Figura 40. Mediciones del nivel de ruido en el punto 4 (Cubiertas).

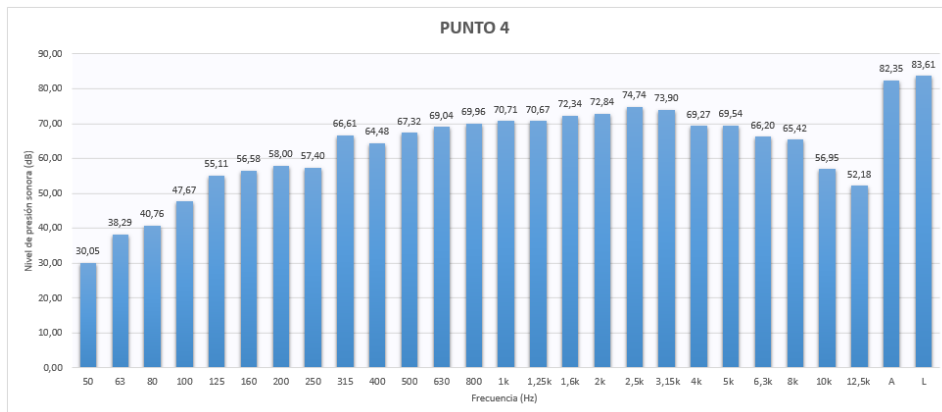


Figura 41. Espectro del nivel de ruido en el punto 4 (Cubiertas).



- **PUNTO 5:** Resultado de las mediciones del nivel de ruido en el puesto de trabajo del operario encargado de las máquinas cableadoras (Figuras 42 y 43).

Brüel & Kjær Analizador Modular 2260 Prog. de Análisis Sonoro Básico BZ7210  Fichero punto 5		LAeq	
		Hz	dB
		50	28,44
		63	31,67
		80	36,93
		100	42,37
		125	44,48
		160	48,59
		200	52,34
		250	54,51
		315	59,17
		400	54,27
		500	57,77
		630	59,19
		800	59,79
		1k	58,25
		1,25k	58,73
		1,6k	60,78
		2k	62,75
		2,5k	64,60
		3,15k	62,63
		4k	58,08
		5k	59,13
		6,3k	58,74
		8k	55,77
		10k	53,87
		12,5k	49,04
		A	72,14
		L	74,95

Configuración:	20,8 / 100,8 dB	
	Rango	Frontal
Incidencia Sonora		
Espectro en 1/3/octava:		
mar-24		
Tiempo Transcurrido	0:00:47	
Número de Pausas	0	
Saturación	0	
Subgama	0	

Pond, Frecuencial:	A		L	
	$\bar{X}$ (dB)	$\sigma$ (dB)	$\bar{X}$ (dB)	$\sigma$ (dB)
Lpk(PMáx)	95,0	4,1	94,8	3,3
Leq	72,1	2,0	74,9	1,0
LEP,d(5:27)	70,5	2,0		
LE(SEL)	89,0	2,6		
Llm	74,7	3,2	76,6	1,6

Figura 42. Mediciones del nivel de ruido en el punto 5 (Cableadoras).

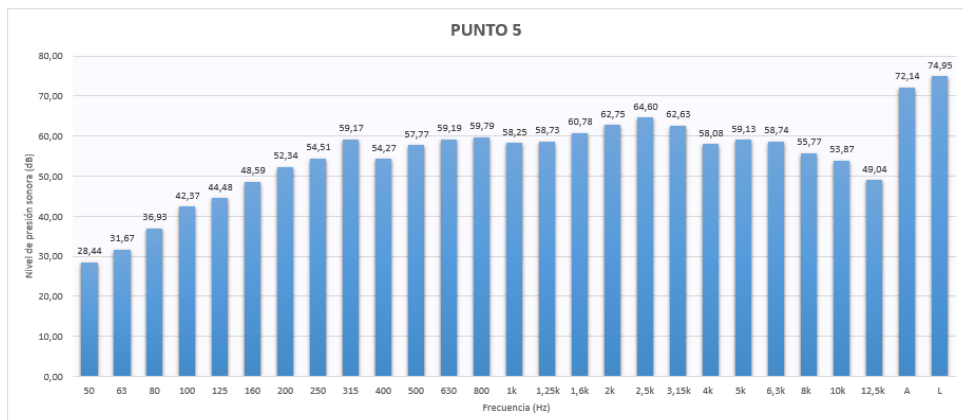


Figura 43. Espectro del nivel de ruido en el punto 5 (Cableadoras).



Los espectros obtenidos en los cinco puntos muestran una similitud en sus espectros, de forma que no se aprecia ninguna frecuencia con un nivel de presión sonora significativamente más alto que el resto. Además, todos ellos coinciden en que a partir de cierta frecuencia los valores se mantienen prácticamente constantes, lo que indica que el ruido en la empresa es de carácter continuo.

El valor que representa el nivel de ruido al que se exponen los trabajadores durante la jornada es el Laeq, medido en dBA. Evalúa el nivel al que se exponería un trabajador si estuviese presente en el punto de medición durante las 8 horas de la jornada laboral. Se trata de una situación hipotética ya que en la realidad habría que tener en cuenta los periodos de descanso y los desplazamientos, puesto que un trabajador no se queda inmóvil durante toda la jornada laboral en un mismo punto.

En la Tabla 5 se recogen los valores medios de cada punto, se comparan, y finalmente se comprueba que la empresa cumple en todos ellos con la legislación actual. En ningún momento se superan los 85dB, valor que obliga a tomar acciones. Sin embargo, en el punto 4 sí que se superan los 80dB, por lo que la empresa está obligado a llevar a cabo medidas correctivas a elección de uso de cada trabajador.

Tabla 5. Niveles medios de exposición, de pico y desviaciones en función de cada punto de medición.

	Laeq (dBA)	$\sigma$ (dBA)	Lpico (dBC)	$\sigma$ (dBC)
PUNTO 1 (Aisladoras)	77,5	0,7	94,8	2,5
PUNTO 2 (Trenzado)	71,5	0,8	96,6	5,4
PUNTO 3 (Armado)	77,8	0,1	95,3	1,6
PUNTO 4 (Cubiertas)	82,3	0,4	100,1	3,5
PUNTO 5 (Cableadoras)	72,1	2,0	95,0	4,1

Las desviaciones en los niveles equivalentes de ruido (Laeq) son en general bajas, lo que indica cierta estabilidad en las mediciones dentro de cada punto. El punto 5 es el que presenta una mayor variabilidad ( $\sigma=2$ ), lo que sugiere fluctuaciones en la intensidad del ruido, posiblemente debido a fuentes intermitentes de ruido, o consecuencia de cambios en la actividad de la zona. En el otro extremo se encuentra el punto 3 con el nivel de desviación más bajo ( $\sigma=0,1$ ), lo que indica que es el área con el nivel más estable a lo largo del tiempo.

En cuanto a los niveles de pico (Lpico) las desviaciones son significativamente más altas en comparación con los valores de la media, lo que demuestra, como es de esperar, que los picos del ruido son más variables. El punto 2 presenta la mayor desviación ( $\sigma=5,4$ ), y es que a pesar de que el nivel de ruido no es significativamente elevado, sí que parece estar caracterizado por variaciones en su intensidad. Por otro lado, el punto 3 vuelve a ser el que menos variabilidad tiene ( $\sigma=1,6$ ), lo que indica unos niveles más uniformes.



Además de los cinco puntos de medición señalados en la Figura 32, se incorpora un sexto punto correspondiente al cuarto de calderas (zona T en la Figura 4). Es un área que no requiere de la presencia constante de un trabajador durante toda la jornada laboral, más bien, es una zona destinada a un grupo limitado de empleados que deben acudir de forma esporádica a verificar los parámetros de la maquinaria.

Hace años este espacio albergaba de forma permanente a dos operarios durante las tres jornadas laborales con el propósito de supervisar el funcionamiento de los equipos. Sin embargo, los niveles de ruido a los que se veían expuestos eran extremadamente altos, incluso con el uso de protectores auditivos y aun estando encerrados en una oficina. Con el avance de las tecnologías la empresa se ha ido modernizando, permitiendo que, en la actualidad, no sea imprescindible la vigilancia continua por parte de un trabajador. Las máquinas están equipadas con un software que registra los datos de manera automática y los actualiza periódicamente en una base de datos accesible desde las oficinas. Sin embargo, por razones preventivas, sigue siendo necesaria la intervención puntual de un trabajador a lo largo de la jornada laboral. Según fuentes de la empresa, el cuarto de calderas sigue siendo considerado el área más ruidosa, algo que las mediciones tomadas han podido confirmar (figuras Figura 44 y Figura 45).

Brüel & Kjær Analizador Modular 2260 Prog. de Análisis Sonoro Básico BZ7210  Fichero punto 6		L <sub>Aeq</sub>	
		Hz	dB
		50	35,58
		63	37,40
		80	43,90
		100	55,97
		125	50,48
		160	67,29
		200	57,37
		250	58,20
		315	63,50
		400	65,14
		500	68,84
		630	71,98
		800	72,60
		1k	73,34
		1,25k	73,30
		1,6k	73,40
		2k	71,94
		2,5k	69,97
		3,15k	68,60
		4k	65,81
		5k	62,35
		6,3k	60,31
		8k	54,87
		10k	49,22
		12,5k	44,42
		A	82,03
		L	85,40

Configuración:	
Rango	20,8 / 100,8 dB
Incidencia Sonora	Frontal
Espectro en 1/3/octava: mar-24	
Tiempo Transcurrido	0:00:39
Número de Pausas	0
Saturación	0
Subgama	0



Pond, Frecuencial:	A		L	
	$\bar{X}$ (dB)	$\sigma$ (dB)	$\bar{X}$ (dB)	$\sigma$ (dB)
Lpk(PMáx)	96,6	0,4	99,2	0,3
Leq	82,0	0,1	85,4	0,1
LEP,d(5:27)	80,3	0,1		
LE(SEL)	97,9	0,4		
LIm	82,5	0,1	86,3	0,2

Figura 44. Mediciones del nivel de ruido en el cuarto de calderas.

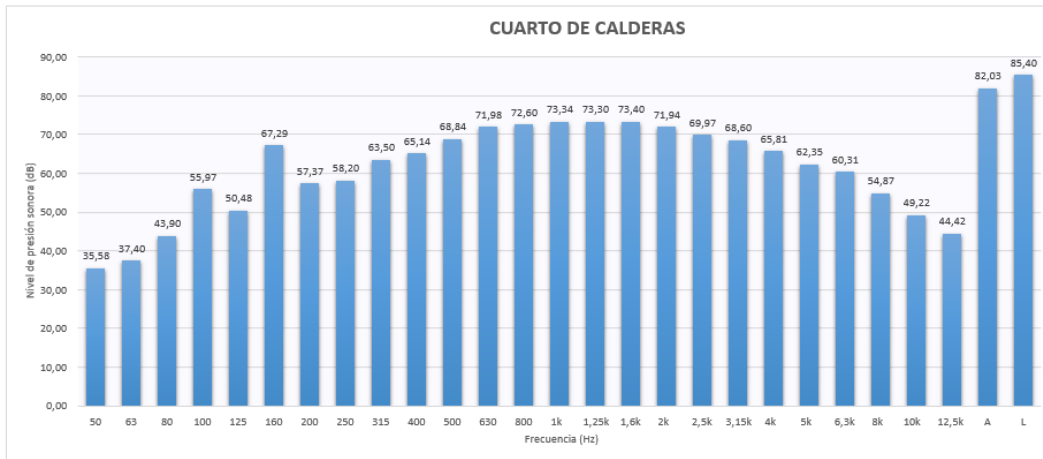


Figura 45. Espectro de ruido en el cuarto de calderas.

En la actualidad es una zona sometida a 82dBA, un valor que se encuentra dentro de los límites permitidos, aunque requiere de acciones de prevención, por ello, cualquier persona que acceda a las instalaciones debe hacer uso de protectores auditivos suministrados por la empresa.

## 5.2. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Una vez recopilados los resultados de las 59 encuestas recogidas, siempre de forma anónima de cara a la privacidad de los trabajadores, el primer paso ha consistido en codificar las respuestas para poder trabajar y analizar los resultados.

Previo al análisis ha sido necesario comprobar la coherencia de las encuestas con ayuda de las preguntas de control, y con ello se han eliminado todas las respuestas incoherentes. Tras la supresión de las mismas la muestra de estudio se ha reducido de 59 encuestas que había inicialmente a 48. A continuación se exponen los resultados más significativos.

En la Figura 46 se representa la caracterización de la muestra de los trabajadores encuestados.

### REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA MUESTRA DE TRABAJADORES

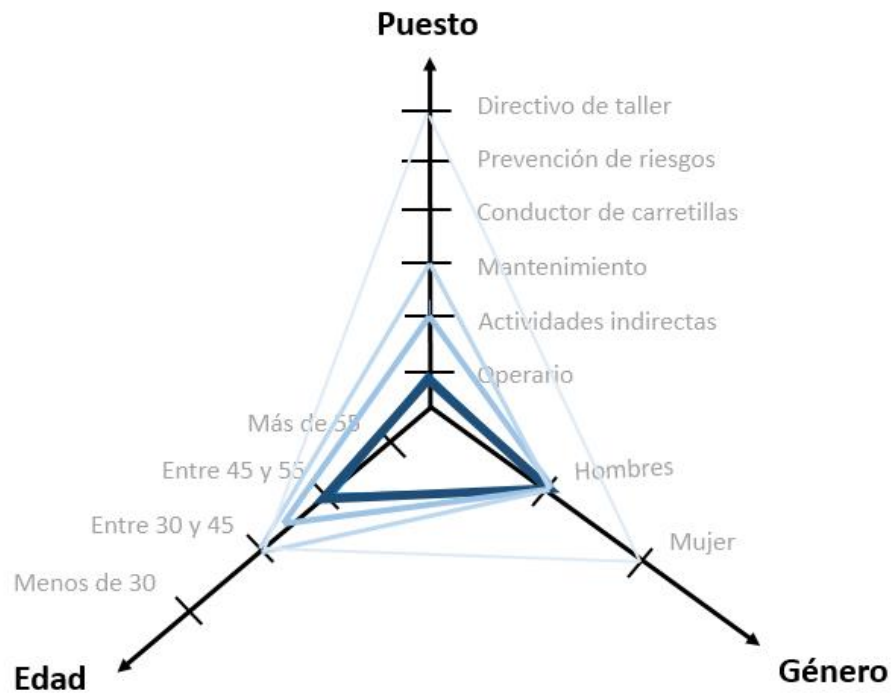


Figura 46. Representación gráfica de la muestra de trabajadores.

En la representación gráfica de la muestra cuanto mayor porcentaje de empleados se encuentren en el rango, mayor intensidad tendrá el color azul de los triángulos. Se puede apreciar como la mayoría de los trabajadores son operarios hombres de entre 45 y 55 años, a continuación, se muestra cada uno de estos ejes de una forma más detallada.

Para comenzar, el rango de edad en el que se encuentran los trabajadores se muestra en la Figura 47. Y es que, al igual que comentábamos anteriormente, el mayor porcentaje de empleados, concretamente el 83%, tienen entre 45 y 55 años, siguiéndole los jóvenes de entre 30 y 45 años con un 12%. Cabe destacar que no hay trabajadores en planta menores de 30 años y que mayores de 55 solo es el 5%. Por lo tanto se trata de una empresa con trabajadores en edades avanzadas, donde los empleados suelen permanecer durante años en la compañía como se puede apreciar en la Figura 48. El 62% de ellos llevan más de 20 años en la misma empresa, el 19% entre 10 y 20 años y el 14% entre 2 y 10 años. Únicamente el 5% de los trabajadores que han completado la encuesta llevan menos de 2 años trabajando en las instalaciones.

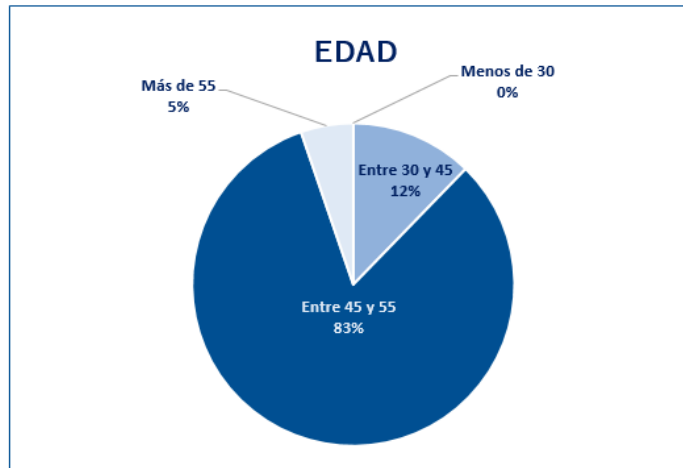


Figura 47. Edad de los encuestados.

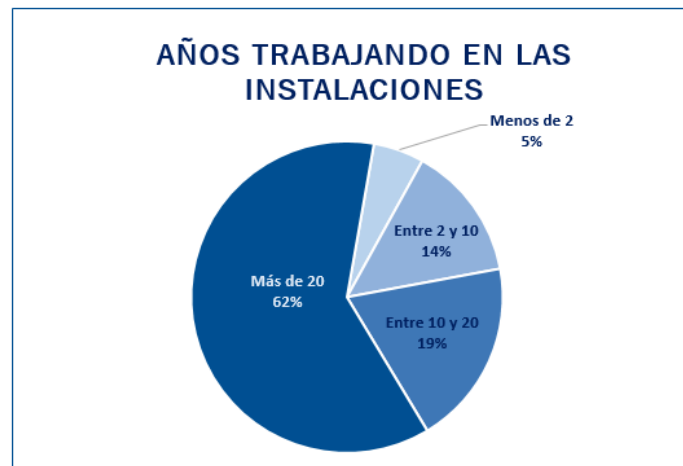


Figura 48. Años que llevan los encuestados trabajando en las instalaciones.

Cabe destacar el alto porcentaje de hombres trabajando en la planta de fabricación, nada más y nada menos que el 98%. Y es que, ese 2% representa a la única mujer presente en la planta (Figura 49).

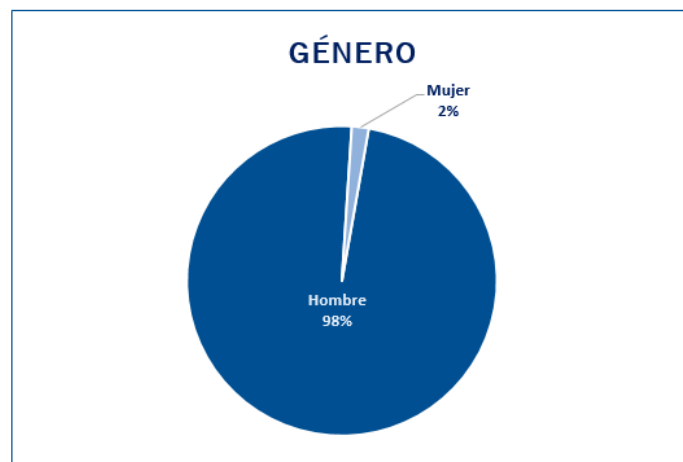


Figura 49. Género de los encuestados.

En cuanto a la distribución de los operarios por puestos de trabajo, representados en la Figura 50, la mayoría (72%) son operarios de máquinas, siguiéndoles con un 16% aquellos trabajadores dedicados a las actividades indirectas. En menor porcentaje, el 3% de los encuestados corresponde a conductores de carretillas, el 2% a los encargados del mantenimiento de la planta, otro 2% se encarga de las actividades de prevención de riesgos, y finalmente, el último 2% son los directivos de taller.

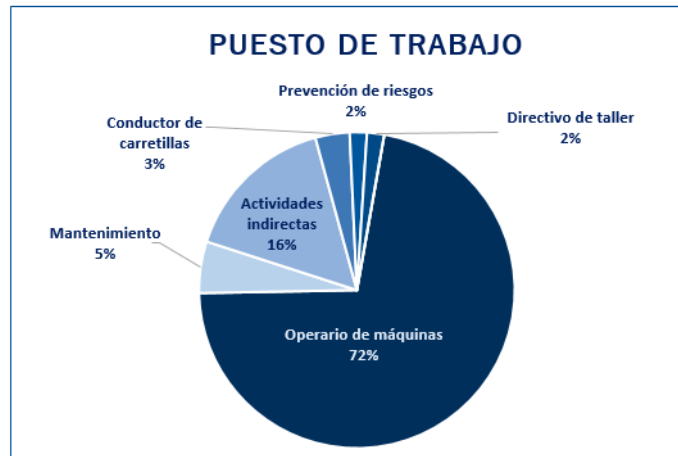


Figura 50. Puesto de trabajo de los encuestados.

Previo al estudio del nivel de ruido en la empresa a través de los trabajadores, se han realizado un par de preguntas para comprobar cómo de cotidiana suele ser esta exposición al ruido fuera del trabajo.

Lo primero ha sido preguntar por la frecuencia con la que los trabajadores fomentan lugares con altos niveles de ruido (Figura 51). Y es que casi la mitad de los encuestados, el 42%, confirma que fomentan este tipo de lugares mucho o bastante, el 35% considera acudir a estos lugares con una frecuencia media, y el 23% poco o nada. No es algo que nos sorprenda, y es que, concretamente España es el segundo país de Europa con más bares por habitante, con grandes cantidades de locales de ocio que doblan incluso los números de Francia, Portugal o Grecia.

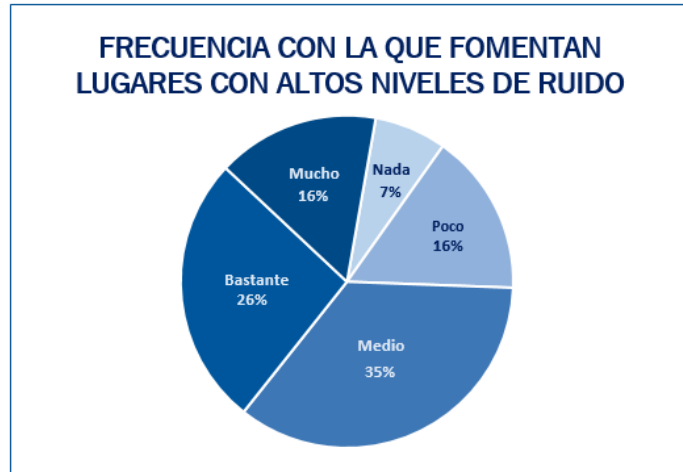


Figura 51. Frecuencia con la que los trabajadores fomentan lugares con altos niveles de ruido.

Lo segundo ha sido analizar cuántas horas al día los trabajadores escuchan música con auriculares (Figura 52). Más de la mitad de los encuestados, el 61%, asume no utilizar los auriculares nada o menos de 1 hora al día. El 30% se los pone entre 1 y 2 horas y finalmente, el 9% los usan más de 2 horas al día. Es sorprendente la cantidad de horas al día que se consumen con auriculares, por ello, sería importante destacar la importancia del uso adecuado de estos dispositivos, y es que esta exposición diaria puede ser realmente perjudicial en un futuro si los niveles de ruido no son controlados.

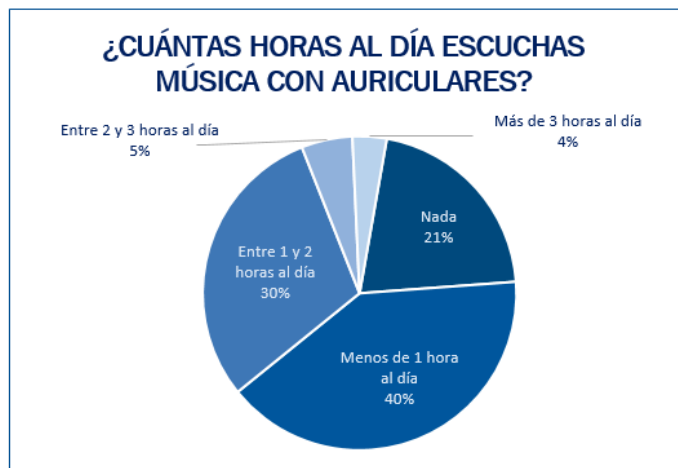


Figura 52. Horas al día que los trabajadores escuchan música con auriculares.

Tal y como se aprecia en la Figura 53, la empresa cuenta con un alto porcentaje (35%) de empleados que llevan trabajando toda su vida laboral en la misma empresa. Por otro lado, aquellos operarios que han trabajado en otras empresas clasifican el nivel de ruido al que se exponen en esta como un

nivel medio. Pero en ningún caso, lo clasifican como un nivel extremo ni para mucho (5) ni para poco (1).

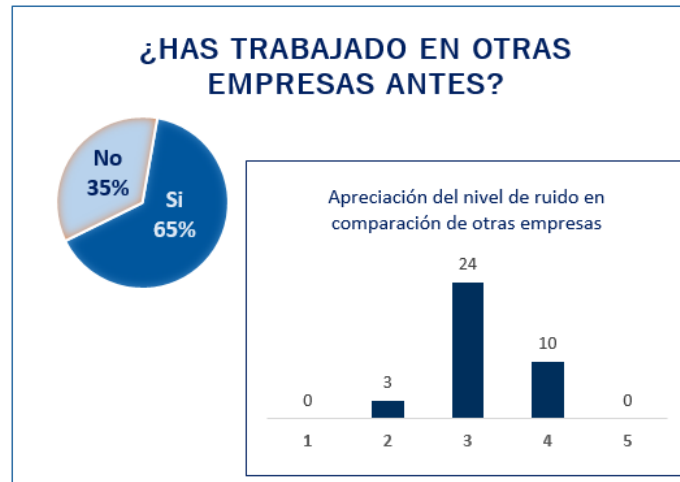


Figura 53. Comparación del nivel de ruido de la empresa con otras.

Evaluando el nivel de ruido de la empresa por sí sola, y no en comparación con otras, el 65% de los operarios clasifican los niveles como medio, un 28% como un nivel alto, y aunque en menor medida, un 7% lo clasifica como un nivel bajo. Esto se muestra en la Figura 54.

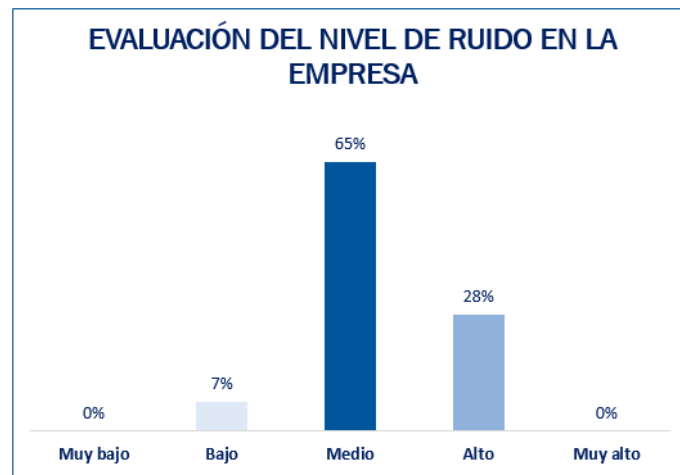


Figura 54. Evaluación del nivel de ruido en la fábrica.

Tras clasificar la apreciación del nivel del ruido ahora se analizan los efectos de los mismos. Y es que de primeras se ha clasificado el nivel de la empresa como un nivel bajo, y en concordancia, el 95% de ellos confirma que



realmente los niveles a los que se enfrentan no les distraen ni dificultan su concentración (Figura 55).

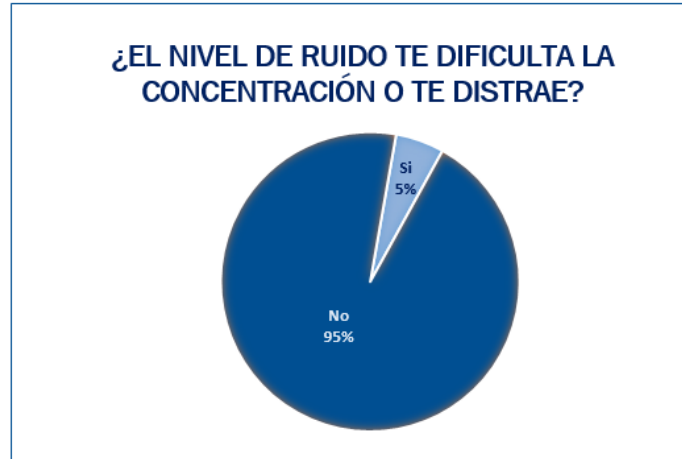


Figura 55. ¿El nivel de ruido dificulta la concentración o distrae a los empleados?

A pesar de que no son unos niveles que dificultan la concentración en sus trabajo, el 21% de ellos sí que confirman que estos niveles son molestos (Figura 56). Una de las medidas que ha tomado la empresa para prevenir los efectos son los tapones auditivos. Sin embargo, y debido a los niveles de exposición, estos tapones se suministran a los empleados, pero su uso es opcional.

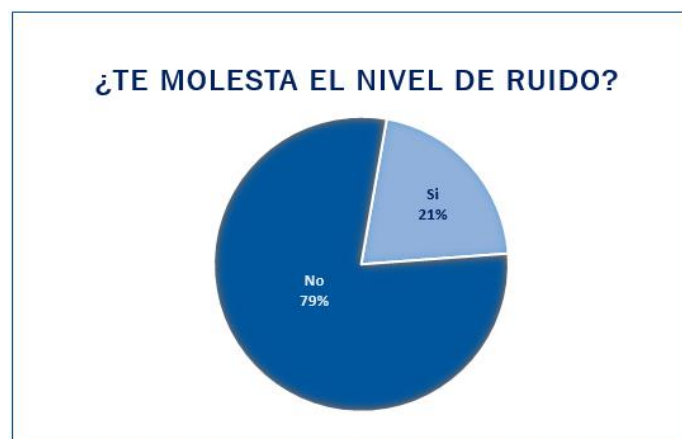


Figura 56. ¿Molesta el nivel de ruido a los empleados?

A través de una de las preguntas de control, el 100% de los trabajadores confirma que sí que existen tapones auditivos a disposición de los empleados. Tal y como se ve en la Figura 57, únicamente el 74% hace uso de ellos. Es

importante verificar si parte de este 26% que no usan los tapones auditivos, corresponde con los trabajadores que previamente han declarado el nivel de ruido como molesto.

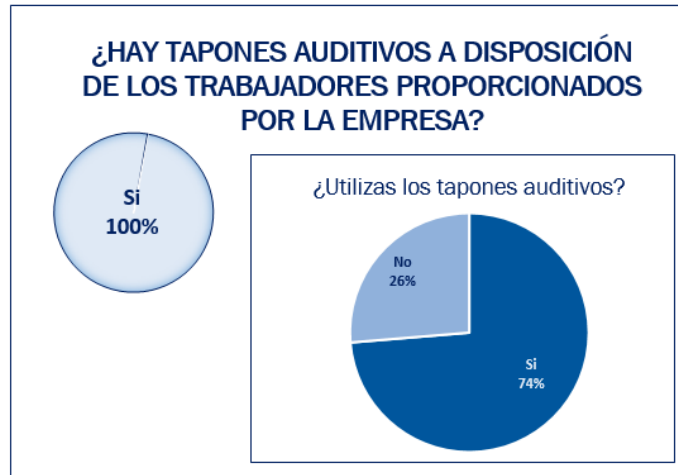


Figura 57. Uso de EPIs en los empleados.

En la Tabla 6 se muestra de forma resumida a los 12 empleados que han declarado el nivel de ruido como una molestia, y, si cada uno de estos trabajadores usan o no los tapones auditivos que la empresa pone a su disposición. Se ve como 5 de las respuestas no son coherentes, aquí se puede observar la verdadera importancia de la concienciación. Es importante estudiar medidas para reducir los efectos del ruido, pero si se establecen medidas y luego no se hace uso de ellas, no son efectivas.

Tabla 6. Relación entre la molestia del nivel de ruido con el uso de tapones auditivos.

¿Te molesta el nivel de ruido en la fábrica?	¿Utilizas los tapones auditivos que están a disposición de los empleados?
Si	Si
Si	No
Si	Si
Si	No
Si	Si
Si	No
Si	Si
Si	No
Si	Si
Si	No
Si	Si
Si	Si



El 82% de los trabajadores declara que no se deberían tomar medidas para reducir los niveles de ruido a los que se enfrentan, tal y como se ve en la Figura 58. Y es que como ya se ha visto, los niveles son medios y la molestia realmente es baja.

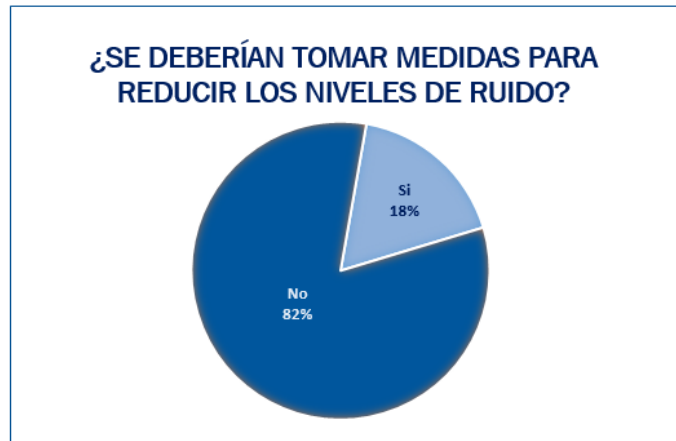


Figura 58. ¿Se deberían tomar medidas para reducir los niveles de ruido?

Con ayuda de las siguientes preguntas se ha intentado determinar las zonas de la empresa sometidas a mayores niveles de ruido. El encuestado tenía que clasificar el ruido de su maquinaria del puesto de trabajo, el ruido de la maquinaria externa a su puesto de trabajo, el ruido de las carretillas y el ruido generado por las personas en función del que considera el más alto, el alto, el medio y el bajo.

Todos ellos coinciden en que la voz de las personas no es un sonido relevante, la maquinaria de los propios puestos de trabajo es el ruido más molesto y como niveles medio están tanto las carretillas como la maquina externa al puesto de trabajo. En la Figura 59 se muestra de forma gráfica las respuestas de los encuestados.

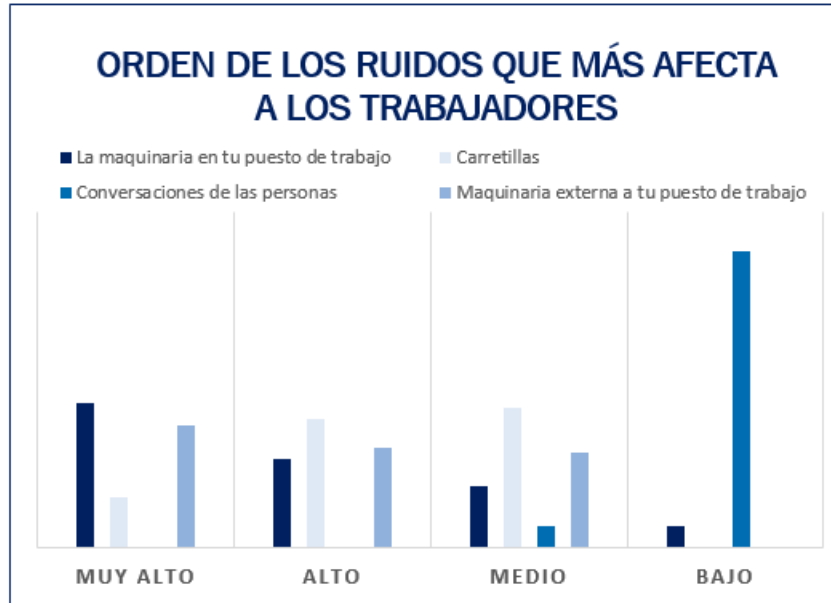


Figura 59. Clasificación de las fuentes de ruido que más afectan a los operarios.

Para concluir, se ha intentado profundizar más en cuanto a las zonas sometidas a mayores niveles de ruido, en la Figura 60 se muestra de forma resumida las respuestas. Destaca significativamente el área de las sopladoras, siguiéndole la M-85 (trefiladora), aunque no es una zona destacable en el estudio al ser una máquina que se encuentra aislada, y a continuación la Flynca, la UTE y las trefiladoras.



Figura 60. Áreas con mayores niveles de ruido identificadas por los operarios.

Sorprende que la zona de las aisladoras no haya sido mencionada por los trabajadores cuando era la zona con mayores niveles en las mediciones. Esta se trata de un área con maquinaria nueva y automatizada, por lo que no requiere de la intervención constante de los trabajadores, y en consecuencia,



estos no se ven altamente afectados por el ruido que esta pueda generar. Por otro lado, la FLYNCA y la UTE, son denominaciones que utiliza la empresa para nombrar a maquinaria de la etapa del armado.

Usando como soporte el plano de la empresa, en la Figura 61 se localizan las zonas de mayor ruido apreciadas por los trabajadores.

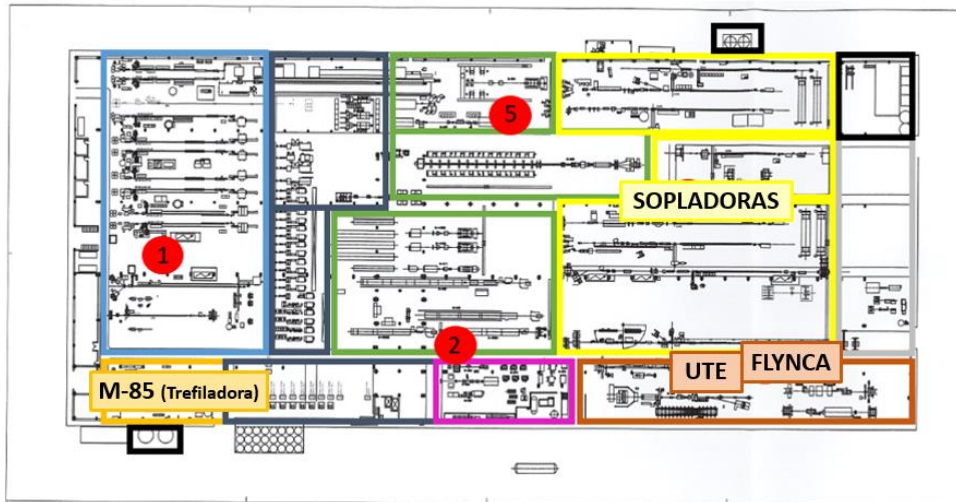


Figura 61. Localización de las zonas con mayores niveles de ruido percibidos por los trabajadores.



## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS MEDICIONES ACÚSTICAS

Se aprecian ciertas diferencias en los niveles de inmisión en los distintos puntos de medición. En la Figura 62 se ha simulado un mapa de ruido, de forma que se ha coloreado cada área de la planta en función del nivel de ruido al que se exponen. El color verde representa la zona con los niveles más bajos, le siguen las zonas amarillas, y finalmente, se ha coloreado de rojo las áreas con mayores niveles, teniendo en cuenta que a mayor intensidad de color, mayor nivel de ruido.

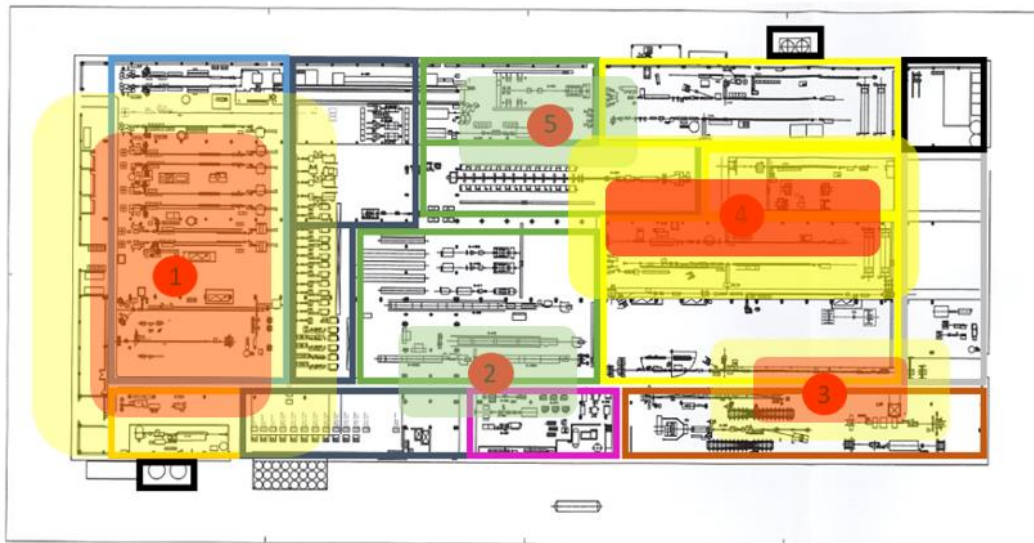


Figura 62. Mapa de ruido a partir de las mediciones.

Indudablemente, la zona de las cubiertas es la principal generadora de ruido punto 4, seguida por las máquinas aisladoras y de armado, puntos 1 y 3. Es cierto que la empresa no se ve afectada por unos valores altos, sin embargo, nunca debe bajarse la guardia ya que dichos niveles pueden elevarse de forma repentina, por ejemplo, como resultado del desgaste de la maquinaria. Por ello, es imprescindible llevar un control periódico para estar prevenido.

Siguiendo lo que dice el Real Decreto 286/2006 (BOE, Real Decreto 286/2006, 2006) y tal y como se muestra en la Figura 63, al superarse los 80 dBA en el punto 4, se trata de una zona en la que se deben tomar acciones, en este caso, sobre los trabajadores. La empresa, a día de hoy cuenta con suministradores de tapones auditivos desechables en cada puerta de acceso y a lo largo de la fábrica para la decisión de uso de cada trabajador. Además, cada operario dispone de sus propios protectores auditivos de silicona suministrados por la propia empresa, y ciertos empleados en situaciones más críticas cuentan incluso con protectores auditivos en forma de diadema para una mayor comodidad durante la jornada laboral.



Como se puede apreciar en la Figura 63, el Real Decreto también hace mención a los valores de pico. Esta empresa mantiene unos niveles bastante constantes, por ello, a día de hoy no es una preocupación. De hecho, en ninguno de los puntos de medida se observan valores superiores a 100 dBC.

Actuaciones a realizar	Nivel de ruido		
	Valores inf. dan lugar a acción $L_{aeq,d} > 80\text{dBA}$ $L_{pico} > 135\text{dBC}$	Valores sup. dan lugar a acción $L_{aeq,d} > 85\text{BA}$ $L_{pico} > 137\text{dBC}$	Valores límite de exposición $L_{aeq,d} > 87\text{dBA}$ $L_{pico} > 140\text{dBC}$
Información y formación	Sí	Sí	Sí
Suministro protección auditiva	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Utilización protección auditiva	Optativo	Obligatorio	Obligatorio
Evaluación de los puestos de trabajo	No periodicidad	No periodicidad	No periodicidad
Evaluación periódica exposición al ruido	Trienal	Anual	Anual
Vigilancia de la salud	No periodicidad	No periodicidad	No periodicidad
Vigilancia médica función auditiva (audiometrías)	Quinquenal	Trienal	--
Registro y archivo de datos de la evaluación	Sí	Sí	Sí
Señalización de los lugares con riesgo y limitación de acceso a los mismos	--	Sí	Obligatorio
Elaborar y ejecutar un programa de medidas técnicas u organizativas	--	Sí	Sí

Figura 63. Real Decreto 286/2006 (BOE, Real Decreto 286/2006, 2006).

Como se ha analizado previamente, el cuarto de calderas, a pesar de ser un área cerrada y al que acceden pocos trabajadores, tiene unos niveles bastante elevados en comparación con el resto. Hace aproximadamente diez años, en 2015, se llevó a cabo la primera renovación en uno de los compresores instalados en esa área. Posteriormente, en 2017, se adquirió un segundo compresor, configurando el sistema moderno y aislado que opera en la actualidad.

En la Figura 64 se muestran las antiguas calderas, las cuales, aunque permanezcan físicamente en el lugar, han quedado inactivas. Por otro lado, en la Figura 65 se muestra la nueva maquinaria, diseñada con un sistema de aislamiento avanzado. Antes los compresores antiguos operaban mediante pistones, cuyo movimiento era el que generaba altos niveles de ruido y vibraciones. Actualmente, los nuevos compresores son estancos, lo que minimiza significativamente la propagación del ruido y de las vibraciones, reduciendo así el impacto acústico y sus daños asociados.



*Figura 64. Antiguas calderas.*



*Figura 65. Calderas modernas.*



## 6.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Para el análisis de los resultados de la encuesta se ha llevado a cabo un contraste de hipótesis con el fin de comprender las relaciones entre las diferentes variables de respuesta. Con este análisis se busca determinar si existen relaciones entre las variables mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Se ha elegido esta prueba debido a la capacidad del análisis para comparar distribuciones de variables sin requerir que los datos sigan una distribución específica ni que se cumplan los supuestos de homogeneidad de varianzas.

Se han estudiado diferencias en cuatro grupos, cada uno de ellos con dos variables a relacionar. Gracias al análisis se pretende probar si existen diferencias estadísticamente significativas en la distribución de los grupos de variables independientes con relación a la respuesta de la variable dependiente. Se usará como factor de confianza el 95% ya que este nivel ofrece un equilibrio adecuado entre precisión y flexibilidad y permite detectar relaciones entre variables sin ser excesivamente estrictos, lo que facilitará la interpretación de los resultados.

El análisis se realiza utilizando el software Statgraphic y se muestran los resultados a continuación.

- Por un lado, se va a estudiar si la edad tiene alguna relación con la frecuencia con la que los encuestados fomentan lugares con altos niveles de ruido.

Para el estudio, resumido en la Tabla 7, se ha agrupado a los trabajadores en dos grupos de edad, por un lado, aquellos que tienen menos de 45 años, y por otro lado los mayores de 45.

*Tabla 7. Prueba de Kruskal-Wallis en relación a la edad de los encuestados y la frecuencia con la que fomentan lugares con altos niveles de ruido.*

<b>Rango de edad</b>	<b>Tamaño Muestra</b>	<b>Rango Promedio</b>
<b>Menos de 45</b>	7	34,8571
<b>Más de 45</b>	50	28,18

Estadístico = 1,06775 Valor-P = 0,301453

En la tabla se muestran tanto los rangos promedios como la posición relativa que se le asigna a cada grupo de edad en función de la frecuencia con la que se fomentan lugares con altos niveles de ruido. Se observa que los trabajadores menores de 45 años tienen el rango promedio más alto (34,8571), lo que indica que en comparación con el otro grupo de edad, sus valores tienden a estar en la parte superior de la distribución, es decir, fomentan lugares con altos niveles de ruido con mayor frecuencia. En la parte inferior de la distribución están los



trabajadores de más de 45 años, con un valor promedio de 28,18, lo que quiere decir que fomentan estos lugares con menor frecuencia. En conclusión, en términos de posiciones relativas dentro de la muestra, la frecuencia con la que los encuestados fomentan lugares ruidosos tiende a disminuir con la edad.

La prueba de Kruskal-Wallis genera un estadístico de 1,06775 y un p-valor de 0,301453. Dado que este valor es mayor que el nivel de significancia, 0,05, no se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere que no hay evidencias suficientes para afirmar que existe una relación significativa entre las variables analizadas.

Aunque los datos sugieren que las personas más jóvenes fomentan los lugares con ruido con mayor frecuencia que las personas mayores, los resultados estadísticos no confirman que existan diferencias significativas entre los dos tramos de edad.

- Por otro lado, se estudia si existen diferencias entre el puesto de trabajo de los encuestados y la pérdida de audición que ellos piensan que pueden tener.

Se ha agrupado a los trabajadores en función de si realizan actividades directamente relacionadas con el proceso de producción (MOD), o por el contrario, con actividades no relacionadas directamente con el proceso de fabricación, aunque necesarias para él (MOI). Se han considerado como actividades directas los operarios de máquinas y los conductores de carretillas, y como actividades indirectas: actividades de ingeniería, fabricación, calidad, logística, RRHH y mantenimiento en oficina.

Finalmente, se muestra en la Tabla 8 el resumen estadístico.

*Tabla 8. Prueba de Kruskal-Wallis en relación al puesto de trabajo de cada encuestado y si han notado o no una pérdida de audición.*

<b>Puesto de trabajo</b>	<b>Tamaño Muestra</b>	<b>Rango Promedio</b>
<b>Actividad directa</b>	43	27,8721
<b>Actividad indirecta</b>	14	32,4643

Estadístico = 1,72975 Valor-P = 0,188439

Tal y como se puede apreciar, los rangos promedios de ambos grupos son bastante similares, lo que sugiere una amplia variabilidad en la percepción en que los trabajadores perciben la pérdida auditiva.

El estadístico obtenido es de 1,72975, y el p-valor es de 0,188439, por lo que no se puede afirmar que existen diferencias significativas en la percepción auditiva en función del puesto de trabajo, ni siquiera se observan tendencias entre las variables al tener valores del rango promedio muy similares entre grupos.



- Además, se estudiará la molestia al ruido en función del puesto de trabajo de cada encuestado.

De la misma forma que se ha hecho previamente, se han agrupado los puestos de los trabajadores en dos grandes grupos, actividades directas y actividades indirectas, y el resumen estadístico se muestra en la Tabla 9.

*Tabla 9. Prueba de Kruskal-Wallis en relación al puesto de trabajo de cada encuestado y la molestia del ruido.*

<b>Puesto de trabajo</b>	<b>Tamaño Muestra</b>	<b>Rango Promedio</b>
<b>Actividad directa</b>	43	28,3023
<b>Actividad indirecta</b>	14	31,1429

Estadístico = 0,620155 Valor-P = 0,430989

Se observan leves diferencias en los rangos promedios. Sin embargo, no parece tener mucho sentido que declaren una mayor molestia los operarios de actividades indirectas antes que los de actividades directas, cuando previamente se ha manifestado que los mayores niveles de ruido provienen de la maquinaria.

El p-valor obtenido (0,430989) es mayor que 0,05, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el puesto de trabajo y la molestia denotada por el operario debido al ruido. Aunque algunos puestos de trabajo parecen experimentar mayor incomodidad, no se puede afirmar una relación entre los dos grupos.

- Por último, se estudia si existen diferencias entre el uso de los protectores auditivos y la sensación de molestia al ruido (Tabla 10).

*Tabla 10. Prueba de Kruskal-Wallis en relación a los encuestados que utilizan los protectores auditivos y la molestia al ruido que puedan sentir en sus puestos de trabajo.*

<b>¿Te molesta el nivel de ruido?</b>	<b>Tamaño Muestra</b>	<b>Rango Promedio</b>
<b>No</b>	45	30,1667
<b>Si</b>	12	24,625

Estadístico = 1,81481 Valor-P = 0,177929

Se observa que la mayoría de los trabajadores, casi el 80%, no perciben el ruido como molesto, con un rango promedio de 30,1667. Por otro lado, un grupo más reducido, los que sí experimentan molestia tienen un rango promedio menor, de 24,625.

Con el p-valor de 0,177929, mayor que el nivel de significancia, se concluye que no hay suficientes evidencias estadísticas como para afirmar que existen diferencias significativas entre el uso de protectores auditivos y la molestia al ruido.

Con el contraste de hipótesis de Kruskal-Wallis no ha sido posible encontrar diferencias significativas en los distintos grupos estudiados, a pesar de que



en un primer momento haya variables que puedan mostrar una cierta tendencia.



## 7. PROPUESTAS DE MEJORA



## 7.1. INTRODUCCIÓN

Una vez realizado el análisis en la empresa, se proponen soluciones asumiendo que no es necesario realizar inversiones adicionales para el mantenimiento o reemplazo de la maquinaria a corto plazo.

Tal y como ya se ha mencionado se trata de una empresa que no presenta niveles de ruido excesivamente altos. Por ello, no es necesario implementar medidas inmediatas, aunque en ciertas zonas de la planta se impone la necesidad de establecer medidas a elección de uso de cada empleado para mejorar sus condiciones laborales. Dado que a día de hoy la empresa no se encuentra del todo automatizada, la presencia de los empleados es aún indispensable para el funcionamiento de la maquinaria, lo que ha llevado a descartar desde un primer momento la opción de aislar cualquiera de las máquinas, permitiendo así el acceso a ellas. Además, tanto los trabajadores como las carretillas deben estar en constante movimiento a lo largo de la empresa, lo que dificulta la propuesta de medidas en el medio de propagación tales como barreras auditivas.

Asimismo, como se destacó en el alcance del trabajo "En ningún momento se contempla la posibilidad de realizar obras físicas, ni la ejecución inmediata de medidas correctoras...". En este sentido, se han considerado dos áreas para unas mejores condiciones laborales, por un lado, la atenuación al máximo posible de los ruidos a los que se exponen los trabajadores directamente sobre ellos, y, por otro lado, la concienciación. Este último aspecto, sin lugar a dudas, es fundamental, ya que los niveles de exposición dejan en manos de los trabajadores la decisión de uso de los EPIs (equipos de protección individual).

## 7.2. ACTUACIONES PARA REDUCIR EL NIVEL DE EXPOSICIÓN

Con el fin de reducir los niveles de ruido, pueden llevarse a cabo medidas en la fuente generadora de ruido, en el camino de transmisión, e incluso, en el receptor, tal y como se muestra en la Figura 66.

La manera más eficaz de reducir los niveles de ruido es a partir de acciones sobre la fuente de ruido. Por ello, llegados al punto en el que la maquinaria se encuentra en perfectas condiciones y ya no es posible reducir aún más los niveles de ruido, la única alternativa es aislar la fuente, siempre teniendo en cuenta las vibraciones que se puedan generar. En este caso la iteración con la máquina es esencial, por lo que este aislamiento no es válido y sería necesario buscar otras alternativas.

En el momento en que se descarta la posibilidad de implementar acciones en la fuente, se busca una solución en el medio de transmisión. La manera más común es a través de la instalación de pantallas acústicas, sin embargo, en una fábrica en la que es necesario el constante tránsito de trabajadores y carretillas esto es algo inviable.

Como último recurso se deben tomar acciones directamente sobre el receptor. Algunos de los métodos más comunes y que la fábrica emplea a día de hoy es el suministro de protectores auditivos, además se podría

complementar con una buena concienciación que fomente el uso de los mismos.

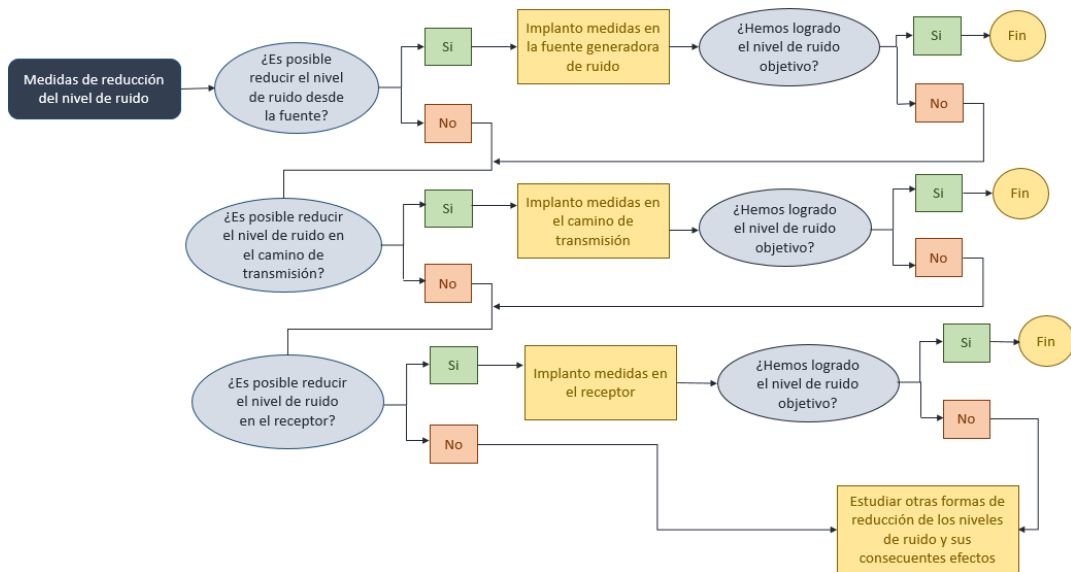


Figura 66. Medidas para la reducción del nivel de ruido.

Los equipos de protección individual (EPIs) se pueden clasificar en activos y pasivos. Los primeros trabajan a partir de la cancelación del sonido por interferencia, y es que, generan un ruido en su interior en función del sonido exterior. Por otro lado, los pasivos son aquellos cuya única función es actuar como una barrera impidiendo que llegue el sonido al receptor.

A continuación, se enumeran algunos de los protectores auditivos pasivos más comunes:

- **TAPONES DE ESPUMA** (Figura 67): Se deben moldear antes de introducirlos en los oídos, una vez dentro, los tapones se expanden hasta llenar el conducto. Son protectores auditivos de un solo uso con un precio de 0,08€ cada par, reducen hasta en 37dB y son desechables (Global, s.f.).



Figura 67. Tapones de espuma moldeable (Global, s.f.).

- **TAPONES DE OÍDOS PREMOLDEADOS** (Figura 68): En su mayoría fabricados de plástico, goma o silicona. Su objetivo es reducir el nivel de intensidad de manera uniforme en todas las frecuencias, de alguna forma se podría decir que tiene un efecto similar a bajar el volumen. A diferencia de los primeros, no es necesario el moldeo previo. Tienen un precio de 3,26€, y reducen el nivel de ruido hasta en 20dB (Global, s.f.).



Figura 68. Taponos de oídos premoldeados (Global, s.f.).

- **TAPONES AUDITIVOS SEMIAURALES** (Figura 69): Ya sean moldeables o no, constan de una banda o diadema rígida que proporciona una fuerza suave para sellar los taponos. Son ideales para supervisores que entran y salen continuamente de zonas ruidosas. Tienen un precio de 5,44€ y reducen hasta en 26dB (Global, s.f.).



Figura 69. Taponos auditivos semiaurales (Global, s.f.).

- **OREJERAS CON PROTECCIÓN AUDITIVA** (Figura 70): Se trata de unas almohadillas acolchadas conectadas a una diadema flexible. Reducen el nivel de ruido al cubrir completamente los oídos y además permite combinarlo con otros EPIs. Tienen un precio de 16,19€ y reducen hasta en 27dB el nivel de ruido (Global, s.f.).



Figura 70. Orejeras con protección auditiva (Global, s.f.).



Además de los protectores auditivos pasivos existen protectores auditivos activos, estos son visualmente muy parecidos a las orejeras de la Figura 70, y es que se diferencian únicamente por la tecnología que llevan integrada. Estos dispositivos pueden amplificar sonidos seguros, facilitando la comunicación entre compañeros, mientras reducen los ruidos peligrosos. Incluso algunos modelos incluyen un micrófono que permite hablar sin la necesidad de retirar los protectores.

Existen también protectores personalizados, diseñados específicamente para adaptarse a la forma del oído de cada persona, lo que garantiza un sellado óptimo y una alta eficacia en la reducción del ruido.

### 7.3. CONCIENCIACIÓN

La hipoacusia laboral inducida por el ruido es una condición que se genera a raíz de una exposición prolongada al ruido en el puesto de trabajo. Por consiguiente, una vez que se detectan los síntomas y alteraciones, el daño causado es significativo y en la mayoría de los casos irreversible. Lamentablemente es una enfermedad no muy conocida y de la que se desconocen las limitaciones que pueden causar en el día a día de las personas. Por lo tanto, es crucial adoptar un papel activo y concienciar.

Hasta la fecha no se conoce ninguna terapia médica que haya demostrado que existe un tratamiento efectivo para la Hipoacusia Laboral. Se han investigado algunos remedios basados en la administración de ciertas vitaminas como la B12, el magnesio o el oxígeno hiperbárico, sin embargo, ninguno de estos ha demostrado ser eficaz. La atención sigue recayendo en las técnicas de prevención destinadas a evitar la manifestación de los síntomas.

Cabe destacar que para la evaluación y diseño del entorno laboral es necesario considerar el ruido como una fuente no solo de incomodidad y distracción, sino también como un factor desencadenante de un futuro daño auditivo consecuencia de un accidente laboral. El ruido además es considerado como uno de los contaminantes más presentes, prolongando su influencia más allá de la jornada laboral, perturbando la estabilidad en los espacios públicos y en las viviendas.

Como medida preventiva para la empresa, se ha elaborado un video con el objetivo de visibilizar el impacto de este problema y el elevado número de personas afectas, el cual cada año es mayor. Se puede acceder al vídeo a través del siguiente enlace.

[https://drive.google.com/file/d/1pP49c2LTg6PpyQM5DalyrmK8\\_RKDUiIH/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1pP49c2LTg6PpyQM5DalyrmK8_RKDUiIH/view?usp=sharing)

Además, resulta fundamental reforzar este mensaje de manera continua. Por ello, se sugiere organizar una charla de forma anual impartida por un



especialista, para explicar en detalle los problemas asociados al ruido. Durante esta charla, se podría incluir la proyección del video como una herramienta educativa, dirigida de manera general hacia todos los empleados. Este enfoque garantizaría un recordatorio constante y una mayor concienciación entre los trabajadores.



---

## 8. PRESUPUESTO

---



Se ha llevado a cabo el siguiente estudio de costes con la finalidad de presupuestar el proyecto. A lo largo de este plan se detallan los recursos financieros necesarios para la realización de las medidas y el posterior análisis de las mismas.

Cabe destacar que para este proyecto la empresa ha contratado a dos trabajadores a tiempo parcial. Por un lado, un auxiliar al que se le dotará de todos los aparatos necesarios para que estudie el terreno y realice las medidas correspondientes. Por otro lado, se ha contratado a un ingeniero, el cual, analizará los resultados de las mediciones y llevará a cabo las conclusiones oportunas para el beneficio de la empresa y de sus empleados.

En la Tabla 11 se detalla el plan de inversión, a partir del cual vamos a obtener todos los activos necesarios para que el auxiliar técnico pueda realizar las mediciones.

*Tabla 11. Desglose del plan de inversión.*

PLAN DE INVERSIÓN		
Equipos	Sonómetro	14.174,90 €
	Calibrador	909,90 €
Certificado calibración		Incluido
Herramientas y utillaje	Metro	5,84 €
	Trípode	Incluido
Elementos de transporte		56,00 €
Software de lectura del sonómetro		Incluido
Ordenador		2.367,00 €
Licencia software		317,69 €
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>		<b>15.146,64 €</b>

Cabe destacar que el plan de inversión está detallado para todos los años de vida útil de los aparatos. Sin embargo, para calcular el coste real para este proyecto es necesario tener en cuenta la vida útil de cada uno de estos equipos, y por consiguiente, sus respectivas amortizaciones. Para el cálculo se ha tenido en cuenta que el valor residual de todos ellos es nulo y que se amortiza de forma lineal a lo largo de toda su vida útil, de esta forma, el coste de los activos para el proyecto se detalla en la Tabla 12.



Tabla 12. Coste real durante las mediciones.

COSTE				
		Años de vida útil	Horas de uso	Coste
Equipos	Sonómetro	8 años	16h	15,53 €
	Calibrador	6 años	10h	0,83 €
Certificado calibración		-	-	-
Herramientas y utillaje	Metro	10 años	16h	0,01 €
	Tripode	-	-	-
Elementos de transporte		-	-	-
Software de lectura del sonómetro		-	-	-
Ordenador		4 años	400h	3,07 €
Licencia software		2 años	16h	0,93 €
<b>TOTAL</b>				<b>20,36 €</b>

Realmente el coste es muy económico si se tienen en cuenta los años de vida útil de cada uno. Por ello, aunque en un primer momento el desembolso sea de algo más de 15.000€, la empresa dispone de los fondos propios suficientes como para cubrir la inversión, lo que hace que no se requiera de un plan de financiación.

Para el cálculo de las nóminas se ha tenido en cuenta las bases de cotización mínimas y máximas publicadas por la seguridad social en 2024, y que se muestran en la Figura 71. Dicho esto, las nóminas para cada uno de los trabajadores son las siguientes.

BASES DE COTIZACIÓN CONTINGENCIAS COMUNES			
Grupo de Cotización	Categorías Profesionales	Bases mínimas euros/mes	Bases máximas euros /mes
1	Ingenieros y Licenciados. Personal de alta dirección no incluido en el artículo 1.3.c) del Estatuto de los Trabajadores	1.847,40	4.720,50
2	Ingenieros Técnicos, Peritos y Ayudantes Titulados	1.532,10	4.720,50
3	Jefes Administrativos y de Taller	1.332,90	4.720,50
4	Ayudantes no Titulados	1.323,00	4.720,50
5	Oficiales Administrativos	1.323,00	4.720,50
6	Subalternos	1.323,00	4.720,50
7	Auxiliares Administrativos	1.323,00	4.720,50
		Bases mínimas	Bases máximas

Figura 71. Bases de cotización contingencias comunes (Seguridad, s.f.).

Por un lado, se ha estimado que el auxiliar técnico tiene un sueldo bruto de 24.000€, que equivale a 10€/hora. Para el cálculo del importe líquido a percibir se le debería descontar la seguridad social a cargo del trabajador (6.47%) y la retención del IRPF (12.61%). Para saber el porcentaje que le correspondía, se ha tenido en cuenta sus estudios, el sueldo bruto, la comunidad autónoma en la que va a cotizar y por último, las personas que tiene a su cargo. Y es que se trata de una mujer de 45 años con 3 hijos, de



10, 7 y 4, y además este último, con una leve discapacidad del 10%. Finalmente, la auxiliar recibirá el importe neto de 129,47€ una vez descontados todos los impuestos, por sus 16 horas de trabajo. Por otro lado, le costará a la empresa 211,17€, lo que corresponde a la suma del salario bruto del trabajador más el porcentaje correspondiente a la seguridad social del que debe hacerse cargo la propia empresa. En la Tabla 13 se muestra su nómina de manera resumida.

Tabla 13. Nómina del auxiliar técnico.

PRECIO	HORAS	CONCEPTO	DEVENGOS	DEDUCCIONES
10,00 €	16	Salario bruto auxiliar	160,00 €	
6,47%	-	Cuota seguridad social a cargo del trabajador		10,35 €
31,98%	-	Cuota seguridad social a cargo de la empresa	51,17 €	
12,61%	-	Retención a cuenta IRPF		20,18 €
		<b>A - TOTAL DEVENGADO</b>	<b>160,00 €</b>	
		<b>B - TOTAL A DEDUCIR</b>		<b>30,53</b>
<b>LÍQUIDO A PERCIBIR (A-B)</b>				<b>129,47 €</b>
<b>COSTE PARA LA EMPRESA</b>				<b>211,17 €</b>

Por otro lado, se ha calculado que el ingeniero titulado tenga un salario bruto anual de 30.000€, que dividido entre sus 14 pagas anuales y las horas trabajadas corresponde a 13€/hora. A esto, habría que descontarle el costo de la seguridad social a cargo del trabajador (6.47%), y el IRPF (19.07%). Para el cálculo del IRPF se han tenido en cuenta las condiciones del propio empleado, y es que se trata de un hombre de 32 años con un hijo a su cargo de 2 años y que trabajará para la provincia de Cantabria. En la Tabla 14 se muestra su nómina desglosada.

Tabla 14. Nómina del ingeniero.

PRECIO	HORAS	CONCEPTO	DEVENGOS	DEDUCCIONES
13,00 €	400	Salario bruto ingeniero	5.200,00 €	
6,47%	-	Cuota seguridad social a cargo del trabajador		336,44 €
31,98%	-	Cuota seguridad social a cargo de la empresa	1.662,96 €	
19,07%	-	Retención a cuenta IRPF		991,64 €
		<b>A - TOTAL DEVENGADO</b>	<b>5.200,00 €</b>	
		<b>B - TOTAL A DEDUCIR</b>		<b>1328,08</b>
<b>LÍQUIDO A PERCIBIR (A-B)</b>				<b>3.871,92 €</b>
<b>COSTE PARA LA EMPRESA</b>				<b>6.862,96 €</b>

Se ha estimado que el ingeniero trabaja durante 400 horas, en las que se incluye el estudio inicial, el análisis de las medidas realizadas, las conclusiones y propuestas de mejora de las mismas, además de todo lo asociado a la encuesta a los trabajadores, es decir, el diseño, la elaboración y el estudio de las respuestas.

En esta tabla se puede ver como el líquido a percibir, es decir, los 3.871,92€, corresponden al salario neto que se le ingresará al ingeniero por sus 400



horas de trabajo. Por otro lado, el coste para la empresa asciende a 6.862,96€ y es que, la empresa se hace cargo del coste del salario bruto más la parte proporcional de la seguridad social que le corresponde.

Finalmente, la suma de las dos nóminas asciende a 7.074,13€, a lo que habría que sumarle el coste asociado a la utilización del despacho en el que se ha realizado el trabajo, más la luz, la calefacción y otros gastos asociados a este.

En cuanto al coste material dividimos en dos partes: por un lado, la inversión inicial asciende a 15.146,64€, y de estos realmente el único gasto por la utilización de la maquinaria a la hora de las medidas es de 20,36€. De esta forma el gasto real del proyecto es de 14.168,62€, desglosados en la Tabla 15.

*Tabla 15. Coste del proyecto.*

COSTE DEL INGENIERIO	6.862,96 €
COSTE DEL AUXILIAR	211,17 €
<b>TOTAL GASTO</b>	<b>7.074,13 €</b>
COSTE DE LOS EQUIPOS	20,36 €
<b>TOTAL COSTE</b>	<b>14.168,62 €</b>





## 9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS



Con el estudio realizado en este trabajo de fin de grado se puede concluir que se han cumplido todos los objetivos del proyecto, logrando aportar información clave para mejorar la seguridad laboral de los trabajadores desde el punto de vista acústico.

En un primer lugar se ha llevado a cabo un análisis completo de la empresa, se ha conocido su actividad, su proceso productivo, su historia, sus principales líneas de negocio, el sector al que pertenece la empresa, sus trabajadores y su ubicación. Todo ello ha permitido comprender de manera detallada el entorno en el que se ha llevado a cabo el estudio, de esta forma no se pierden de vista posibles factores externos que pueden influir en la exposición al ruido de los trabajadores. Con todo ello se ha observado que la investigación se lleva a cabo en una empresa pequeña, aunque en expansión, que comercializa cables a nivel mundial y está ubicada en un pueblo de Cantabria.

Posteriormente se han llevado a cabo mediciones acústicas para determinar el nivel de ruido al que se expone la nave principal de producción de cables de cobre. Con los resultados obtenidos se puede concluir que no se superan los valores que indica el RD 286 que regula los niveles de ruido en el puesto de trabajo. Estos datos han servido como base objetiva para evaluar el impacto del ruido de los trabajadores.

También se diseñó y difundió una encuesta dirigida a los empleados con el fin de conocer su percepción sobre el nivel de ruido en sus puestos de trabajo. Esto ha permitido analizar el impacto subjetivo del ruido y ver la influencia del mismo en su vida laboral y externa al trabajo. Los resultados de la encuesta muestran que la exposición al ruido forma parte de la vida cotidiana de todas las personas, en mayor o menor medida, independientemente de la edad, el género o el tipo de empleo.

Por otra parte, los resultados también reflejan una tendencia común en la percepción del ruido dentro de la empresa. Ocho de cada diez empleados indican que los niveles no les resultan molestos y que no consideran necesarias medidas para reducirlo. En concordancia, casi el 70% de los encuestados califican el nivel al que se exponen como moderado, cabe destacar como ningún encuestado lo ha clasificado como un nivel muy alto.

Además, con el fin de conocer si los trabajadores están sensibilizados con los problemas que origina el ruido, se analizó la coherencia entre la preocupación por los niveles de ruido y sus hábitos de protección auditiva. Se detectó como cerca del 50% de quienes manifiestan molestias por el ruido no utilizan los protectores auditivos proporcionados por la empresa, lo que evidencia una falta de concienciación en este aspecto.

En cuanto a la naturaleza del ruido, la mayoría de los trabajadores coinciden en que se trata de un ruido constante, sin la presencia de niveles de pico durante la jornada laboral. Finalmente se compararon las zonas identificadas por los trabajadores como las más ruidosas con las mediciones objetivas del ruido. Se observa una cierta concordancia entre ambas, salvo en la zona de las aisladoras, donde los empleados no declaran molestia mientras que a través de las mediciones se observan altos niveles, esto se atribuye a que es



un área automatizada donde no hay presencia constante de trabajadores durante la jornada laboral.

También, se ha llevado a cabo un contraste de hipótesis para comprobar las posibles relaciones entre ciertas variables. Se ha buscado si hay alguna tendencia entre la molestia del ruido y el puesto de trabajo, la molestia y el uso de los protectores auditivos, la edad y la frecuencia con la que fomentan lugares con altos niveles de ruido y la pérdida de audición en función del puesto de trabajo. Con los resultados obtenidos no se puede afirmar que existan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos estudiados, sin embargo, sí que se han podido detectar ciertas tendencias como una disminución en la frecuencia con la que se fomentan lugares con altos niveles de ruido a medida que aumenta la edad, leves diferencias entre la molestia del ruido en función del puesto de trabajo, o incluso, el uso de protectores auditivos en función de si declara o no, molestia por el ruido.

Como ya se ha mencionado, en la comparación de hipótesis de los resultados de la encuesta no se han encontrado diferencias estadísticas entre los grupos estudiados, aunque dado que la empresa se encuentra en fase de crecimiento, sería interesante repetir este estudio en un futuro, una vez que la empresa haya experimentado un mayor crecimiento, y una vez sea posible disponer de una cantidad de respuestas más representativa de los trabajadores, esto quizá, permitiría sacar conclusiones más precisas.

Por otro lado, se ha demostrado que en general los niveles de ruido en la empresa son bajos y en ningún momento se superan los valores permitidos por la normativa vigente. Sin embargo, cabe destacar la necesidad de imponer acciones a decisión de uso de los trabajadores en uno de los puntos de medida con niveles de ruido por encima de 80 dBA.

Finalmente, se han propuesto planes de acción orientados a mejorar las condiciones laborales desde el punto de vista acústico, contribuyendo a la mejora del bienestar y de la productividad de los empleados. Se destaca la importancia de una buena concienciación y se proponen medidas con el fin de que sean lo más efectivas posibles. Estas medidas se ponen en manos de la empresa, y es ella quien decide hacer uso, o no, de ellas. Además, se ha elaborado y difundido un breve video cuyo objetivo es visibilizar el impacto de esta enfermedad y fomentar el uso de protectores auditivos entre el mayor número de empleados posible.

Este trabajo contribuye al cumplimiento de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, en la que se adoptan un conjunto de objetivos globales con el fin de erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad de las generaciones presentes y futuras (Moran, 2023). Tiene una fuerte relación con al menos 3 de los ODS:

- En primer lugar se relaciona con el ODS 3, salud y bienestar (Figura 72). En este trabajo se busca evaluar y posteriormente mitigar la exposición al ruido en el entorno laboral para proteger la salud de los trabajadores. De alguna forma se busca conseguir unas condiciones laborales lo más seguras posibles desde el punto de vista acústico ya

que está demostrado que influye tanto en la salud auditiva de las personas como en la no auditiva y esto redundará en el bienestar de los trabajadores.



Figura 72. ODS 3: Salud y bienestar.

- En segundo lugar, se relaciona con el objetivo de desarrollo sostenible 8, Trabajo Decente y Crecimiento Económico proponiendo mejoras para la empresa, además de para los trabajadores (Figura 73). Como ya se ha mencionado, la exposición al ruido tiene muchos efectos negativos sobre la salud de los oyentes, entre ellos, provoca falta de concentración y en consecuencia una baja productividad, incluso puede provocar accidentes laborales por distracciones, por no entender el mensaje adecuadamente... Con las propuestas de medidas correctivas se buscan buenas condiciones laborales, aumentar la eficacia en el trabajo..., todo ello buscando conseguir la máxima productividad de los trabajadores, ya que redunda en un crecimiento económico.



Figura 73. ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico.

- En tercer lugar se relaciona con el ODS 9, industria, innovación e infraestructura (Figura 74). Los avances tecnológicos están contribuyendo significativamente a mitigar el problema de la exposición al ruido, con tolerancias más precisas que reducen los niveles de ruido y las vibraciones, gracias a un estudio más exhaustivo en busca de materiales que absorban mejor el ruido o sistemas de amortiguación integrados se contribuye a que las máquinas modernas generen menores niveles de ruido.



Figura 74. ODS 9: industria, innovación e infraestructura.

Cabe destacar que este estudio no solo contribuye a mejorar las condiciones laborales, sino que también busca reforzar el compromiso de la empresa con el desarrollo sostenible y la responsabilidad social teniendo en cuenta los diferentes aspectos relacionados con cada uno de los 17 ODS.

Los resultados de este trabajo abren varias líneas futuras centradas en el seguimiento y la evaluación de las propuestas planteadas. Por una parte, sería fundamental analizar la efectividad de las medidas a través de una nueva evaluación de los trabajadores. Por otro lado, sería conveniente actualizar los resultados de los niveles de inmisión en la empresa de forma periódica, con el objetivo de identificar posibles cambios de forma previa a cualquier consecuencia. Con la realización de éstas, se reforzará la vigilancia y se facilitará la toma de decisiones acorde a las necesidades más recientes de la empresa y los trabajadores.





## 10. BIBLIOGRAFÍA



## BIBLIOGRAFÍA

- ALLPE. (5 de Junio de 2021). Niveles de ruido permitidos - ALLPE ingeniería acústica -madrid - empresa de Medio Ambiente - Acústica - Topografía - Ingeniería. Obtenido de <https://www.allpe.com/acustica/ingenieria-acustica/mediciones-acusticas/niveles-de-ruido-permitidos/>
- AURAL. (s.f.). Aural Centros auditivos. Obtenido de Acúfenos y tinnitus: <https://www.aural.es/acufenos>
- BOE. (10 de noviembre de 1995). Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Jefatura del Estado, España.
- BOE. (10 de marzo de 2006). Real Decreto 286/2006. sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. e.
- Brüel & Kjaer 2260 Investigator/Evaluator | Leasametric. (s.f.). Obtenido de <https://www.leasametric.com/en/product/bruel-kjaer-2260-investigator-evaluator/>
- Carrascosa García, J. (2015). LA DISCAPACIDAD AUDITIVA. PRINCIPALES MODELOS Y AYUDAS TÉCNICAS. Revista Internacional de apoyo a la inclusión, logopedia, sociedad y multiculturalidad, vol.
- CIO, S. (9 de Marzo de 2021). Diferencias entre hipoacusia y sordera. Obtenido de <https://ciosalud.com/diferencias-entre-hipoacusia-y-sordera/#:~:text=En%20definitiva%2C%20la%20principal%20diferencia,perdido%20m%C3%A1s%20de%2070%20dB>
- D. J. (23 de Noviembre de 2019). La sordera profesional. Obtenido de <https://www.gaes.es/viviendoelsonido/foro/la-sordera-profesional-1#:~:text=Llamamos%20sordera%20profesional%20a%20la,en%20el%20lugar%20de%20trabajo.>
- EDEMCO. (s.f.). Obtenido de <https://edemco.co/producto/cable-instrumentacion-2x16-20awg-foil>
- El cajón del electrónico. (s.f.). Obtenido de <https://elcajondelectronico.com/cable-multipar/>
- G. P. (s.f.). Protección auditiva. Obtenido de <https://globalproteccion.es/tienda/168/tapones-espuma>
- IBERDROLA. (s.f.). La contaminación acústica, ¿cómo reducir el impacto de una amenaza invisible? Obtenido de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-contaminacion-acustica-causas-efectos-soluciones>



- INSST. (s.f.). Aplicación del RD 286/2006 sobre ruido.
- INSST, i. n. (Mayo de 2021). Ruido: evaluación y acondicionamiento ergonómico.
- IOM. (s.f.). Instituto de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello de madrid. Obtenido de <https://www.institutoorl-iom.com/>
- Iribar, A. (s.f.). Fonética. Obtenido de <https://paginaspersonales.deusto.es/airibar/Fonetica/Apuntes/04.html>
- M. M. Morales Suárez-Varela, A. L. (Junio de 1993). Evaluación de los efectos del ruido ambiental sobre los residentes en el centro histórico de valencia. Rev San Hig Púb 1993; 67: 239-240. Obtenido de Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública junto con la Universidad de Valladolid.
- Moran, M. (13 de Septiembre de 2023). La Agenda para el Desarrollo Sostenible - Desarrollo Sostenible. Desarrollo Sostenible. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- NIDCD. (s.f.). Pérdida de audición inducida por el ruido. Obtenido de s.f.-b: <https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/perdida-de-audicion-inducida-por-el-ruido#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20a%20niveles%20da%C3%B1inos,audici%C3%B3n%20inducida%20por%20el%20ruido>
- NIH, N. I. (s.f.). Pérdida de la audición: Un problema común en los adultos mayores. Obtenido de <https://www.nia.nih.gov/espanol/audicion-perdida-audicion/perdida-audicion-problema-comun-adultos-mayores#:~:text=Alrededor%20de%20una%20de%20cada,conversaciones%20con%20amigos%20y%20familiares>
- NIOSH, C. -P. (2001). Pérdida de la audición relacionada con el trabajo. Obtenido de [https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2001-103\\_sp/default.html#:~:text=disolventes%20y%20metales,-,La%20p%C3%A9rdida%20de%20la%20audici%C3%B3n%20inducida%20por%20el%20ruido%20es,una%20p%C3%A9rdida%20de%20la%20audici%C3%B3n](https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2001-103_sp/default.html#:~:text=disolventes%20y%20metales,-,La%20p%C3%A9rdida%20de%20la%20audici%C3%B3n%20inducida%20por%20el%20ruido%20es,una%20p%C3%A9rdida%20de%20la%20audici%C3%B3n)
- Ochoa, J. y. (1990). Medida y control del ruido. Marcombo.
- Optronics. (s.f.). Obtenido de <https://optronics.com.mx/conectividad/views/product/configurable/C1-cable-de-fibra-optica-exterior-armado->



